Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 18, No. 2, June. July. 2022, p. 307- 329

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۸، شماره ۲، خرداد-تیر ۱٤۰۱ ص.۳۲۹-۳۰۷

Homepage: http://ifstrj.um.ac.ir

Full Research Paper

Production of low-fat doughnut using triticale flour and Basil gum and investigation of the effect of green cardamom essential oil on its shelf life

Zahra Sheikholeslami[1*], Mahdi Karimi[1], Bahareh Sahraiyan[2]

Received: 2020.11.11
Accepted: 2021.07.17

How to cite this article:
Sheikholeslami, Z., Karimi, M., Sahraiyan, B. (2022). Production of low-fat doughnut using triticale flour and Basil gum and investigation of the effect of green cardamom essential oil on its shelf life. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*. *18* (2), 307-329.

Abstract

Introduction: Doughnuts are fried foods that absorb significant amounts of oil, and commercial doughnuts made from wheat flour typically contain 24 to 26 percent oil. Fresh doughnut is soft and has a pleasant taste and aroma. One of the main ways to enrich bakery products is to mix wheat flour with other flours. Triticale has a higher percentage of protein compared to wheat, rice, corn, rye and oats and is in good condition in terms of essential amino acids. Lysine in triticale is higher than wheat and less than rye. Also triticale has the same amount of vitamins as wheat. The positive properties of gums extracted from native seeds such as basil can be used to reduce oil absorption and improve shelf- life of fried bakery products. Basil seeds are soaked in water due to the presence of polysaccharides, the outer pericarp swells and turns into a gelatinous substance. Green cardamom with scientific name of *Elettaria cardamomum* belongs to Zingiberaceae family. Cardamom is one of the most widely used aromatic condiments in some foods, breads, sweets, especially jams. 23 compounds have been identified in green cardamom essential oil, the highest composition (31.53%) belonging to Eucalyptol. Therefore, in this study, enrichment the wheat flour of fried fermented doughnuts by replacing part of wheat flour with triticale flour, reducing oil absorption by using basil seed gum and improving antioxidant and sensory properties and reducing fungal activity in the presence of green cardamom essential oil were investigated.

Material and Methods: In the first part of this research, Triticale flour at 0, 15 and 30% and Basil seed gum at 0, 0.50 and 1% were used to improve the quality and decrease oil absorption of fermented doughnut. Control doughnut formulation had 500 g wheat flour, 20 g milk powder, 4 g salt, 80 g oil, 12 g baker's yeast, 80 g sugar, 500 ml water, 100 g egg and 1 g vanilla, 1.5 % guar gum and 0.5 % xanthan gum. Moisture, specific volume, porosity, firmness, crust color and oil absorption were evaluated. To study the effect of processing parameters on crust color components of doughnut, the RGB color space images were converted to L^*a^*b space. For determination of doughnut porosity using image analysis, the color images were first gray scaled and then thresholded using isodata algorithm. The porosity was measured from the ratio of white to the total numbers of pixels. Results were reported as the average of three replications. In the second part of this research, *Cardamomum* essential oil at 0, 50, 100, 150 and 200 ppm were used to improve antioxidant and sensory properties and decrease microbial contamination of doughnut. . In order to assess significant differences among samples, a complete randomized design of triplicate analyses of samples was performed using the Mini-Tab17. Tukey's new multiple range tests were used to study the statistical differences of the means with 95% confidence.

Result and Discussion: The results of the first part showed that the sample contained 15% triticale flour and 0.50% gum with the highest specific volume (3.4 cm^3g^{-1}) and porosity (0.81) and the lowest firmness after one week of storage (11.91 N) and was introduced as the best example of the first part. Also, the results of oil absorption showed a decrease of 29.83% in the selected sample (0.17 g/g dry matter) compared to the control sample (0.24 g/g dry matter). The

1. Associate professor of Agricultural Engineering Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran.
2. Food Quality and Safety Research Department, ACECR, Khorasan Razavi Branch, Iran.
(*Corresponding Author Email: Zahrasheikholeslami@yahoo.com)
DOI: 10.22067/IFSTRJ.2021.67239.0

moisture content of the mentioned sample was 21.09% one week after production and L^*, a^* and b^* of crust color was 55.27, 8.86 and 11.91, respectively. Brightness and redness of this sample was more than the control. The results of second part showed that cardamom essential oil had antioxidant activity in all concentrations. Also, the results indicated the concentrations of more than 50 ppm of cardamom essential oil can be considered as an antifungal agent and inhibit positive growth in doughnut. The microbial load of samples containing 100, 150 and 200 ppm had 3.97, 3.81 and 2.94 log cfu g^{-1} after 15 days of production, respectively. The microbial load of these samples was 51.05, 53.03 and 63.75% less than the sample without essential oil (10.11 log cfu g^{-1}). Finally, the results of sensory evaluation showed that the sample containing 15% triticale flour, 0.50% basil seed gum and 100 ppm cardamom essential oil had the highest overall acceptance score and this sample is introduced as the best sample of this study.

Keywords: Doughnut, Oil content, Basil seed gum, Triticale flour, Antioxidant.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 18, No. 2, June. July. 2022, p. 307- 329

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۸، شماره ۲، خرداد-تیر ۱٤۰۱ ص.۳۲۹-۳۰۷

مقاله علمی-پژوهشی

تولید دونات کم‌چرب با استفاده از آرد تریتیکاله و صمغ ریحان ضمن بررسی تأثیر اسانس هل سبز بر ماندگاری آن

زهرا شیخ‌الاسلامی[1]*- مهدی کریمی[1]- بهاره صحرائیان[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۲۶

چکیده

هدف از این پژوهش جایگزینی آرد گندم (صفر، ۱۵ و ۳۰ درصد) با آرد تریتیکاله در دونات بود که به‌منظور بهبود ویژگی‌های دونات از صمغ ریحان (صفر، ۰/۵۰ و ۱ درصد) و اسانس هل سبز (۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ پی‌پی‌ام) استفاده شد. نتایج نشان داد، نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد تریتیکاله و ۰/۵۰ درصد صمغ دارای بیشترین حجم مخصوص (۳/۴ سانتی‌مترمکعب بر گرم) و نسبت شاخص تخلخل (۰/۸۱) و کمترین سفتی بافت پس از یک هفته نگهداری (۱۱/۹۱ نیوتن) بود و به‌عنوان بهترین نمونه معرفی شد. همچنین نتایج حاکی از کاهش ۲۹/۸۳ درصدی محتوی روغن بهترین نمونه در مقایسه با شاهد بود. رطوبت نمونه ذکر شده یک هفته پس از تولید ۲۱/۰۹ درصد و میزان مؤلفه رنگی L^*، a^* و b^* آن به‌ترتیب ۵۵/۲۷، ۸/۸۶ و ۱۱/۹۱ بود. نتایج فاز دو نشان داد، اسانس هل سبز در تمامی غلظت‌ها دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی بودند. نتایج شمارش کپک و مخمر نیز حاکی از آن بود میزان رشد کپک و مخمر نمونه‌های حاوی۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ پی‌پی‌ام اسانس هل طی ۱۵ روز نگهداری در مقایسه با نمونه فاقد اسانس به‌ترتیب ۵۱/۰۵، ۵۳/۰۳ و ۶۳/۷۵ درصد کمتر بود. بهترین نمونه به لحاظ فعالیت آنتی‌اکسیدانی و کاهش رشد کپک و مخمر نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد تریتیکاله، ۰/۵۰ درصد صمغ و ۲۰۰ پی‌پی‌ام اسانس بود. اما نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد تریتیکاله، ۰/۵۰ درصد صمغ و ۱۰۰ پی‌پی‌ام اسانس از بیشترین امتیاز پذیرش کلی، کمترین میزان محتوی روغن و سفتی بافت، بیشترین حجم و تخلخل برخوردار بود.

واژه‌های کلیدی: دونات، محتوی روغن، صمغ ریحان، آرد تریتیکاله، فعالیت آنتی‌اکسیدانی.

مقدمه

دونات تخمیری نوعی شیرینی آردی است که از سرخ‌کردن خمیر تخمیر شده در روغن تهیه می‌شود. دونات تازه نرم و دارای مزه و عطر مطلوب است. ویژگی‌های حسی مطلوب در دونات در نتیجه فرآیند سرخ کردن با ایجاد پوسته ترد با رنگ قهوه‌ای روشن و بخش داخلی با بافتی متخلخل و نرم حاصل از ژلاتیناسیون نشاسته ایجاد می‌گردد. دونات به دلیل تنوع مواد اولیه می‌تواند ماده غذایی مناسبی جهت غنی‌سازی و تولید یک محصول فراسودمند باشد. استفاده از ترکیبات هیدروکلوئیدی به‌عنوان افزودنی خشک، یک روش کاربردی مناسب برای کاهش محتوی روغن و حفظ رطوبت محصول در هنگام می‌باشد (Funami et al., 1999).

ریحان یک گیاه یکساله با شاخه‌های کوچک و آرومای مطلوب بوده که در ایران رشد می کند. این گیاه در بسیاری از مناطق دنیا به خصوص مناطق گرمسیری آسیا، آفریقا و آمریکای جنوبی و مرکزی رشد می‌کند (Azuma & Sakamoto, 2003) وقتی دانه ریحان در آب خیسانده می‌شود به دلیل وجود مواد پلی‌ساکاریدی، پریکارپ بیرونی متورم شده و به یک ماده ژلاتین مانند تبدیل می‌شود و تحقیقات نشان داده‌اند که پلی ساکاریدهای استخراج شده از دانه ریحان شامل دو بخش اصلی گلوکومانان (۴۳ درصد) با اتصالات عرضی (۱←۴) و گزیلان (۲۴/۳۹ درصد) و همچنین دارای بخش کوچکی از گلوکان (۲/۳۱ درصد) است. علاوه بر این حضور آرابینوگالاکتان بسیار منشعب همراه با گلوکومانان و گزیلان گزارش شده است (Sciarini et al, 2009).

Ghorbani و همکاران (۲۰۱۸) از صمغ دانه ریحان در دونات روغنی استفاده نمودند و حضور این صمغ را در فرمولاسیون بر بهبود بافت، تخلخل، حجم، رنگ و ویژگی‌های حسی گزارش کردند. از

۱- دانشیار، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.
۲- گروه پژوهشی کیفیت و ایمنی مواد غذایی، پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی جهاد دانشگاهی خراسان رضوی، مشهد، ایران.
(* - نویسنده مسئول: Email: Zahrasheikholeslami@yahoo.com)
DOI: 10.22067/IFSTRJ.2021.67239.0

سایر افزودنی‌ها و انواع ترکیبات هیدروکلوئیدی به‌منظور کاهش محتوی روغن در دونات نیز استفاده شده است (Ghorbani et al., 2018). Sabbaghi (۲۰۲۱) کاربرد ترکیبات هیدروکلوئیدی (زانتان و کربوکسی متیل سلولز) در فرمولاسیون دونات با هدف کاهش محتوی روغن بررسی نمود. نتایج این محقق نشان داد که، رطوبت نمونه‌ها با افزایش درصد ترکیبات هیدروکلوئیدی افزایش یافت. محتوی روغن با افزایش درصد صمغ کاهش یافت و کمترین محتوی روغن در نمونه های حاوی صمغ زانتان مشاهده شد. این محقق گزارش نمود زانتان به دلیل تشکیل ژل حرارتی و غلیظ شوندگی بیشترین کاهش محتوی روغن را در احتباس آب در هنگام تماس محصول با روغن داغ دارا است (Sabbaghi et al., 2021). Kwinda و همکاران (۲۰۱۸) تاثیر سبوس جو دوسر و فیبر غلاف بارهنگ کتانی روی کاهش روغن و خصوصیات فیزیکوشیمیایی ماگواینا (خمیر سرخ‌شده بر پایه غلات) را بررسی نمودند. دو روش سنتی و اصلاح‌شده فرآوری این محصول با هم مقایسه شدند. استفاده از این افزودنی‌ها میزان محتوی روغن را در روش اصلاح‌شده نسبت به روش سنتی به‌طور معنی‌داری کاهش داد. سبوس جو دوسر و فیبر غلاف بارهنگ کتانی به‌ترتیب ۳ و ۲ درصد خصوصیات بافتی را بهبود بخشیدند (Kwinda et al., 2018).

Kante-Traore و همکاران (۲۰۱۸) دو فرمولاسیون مختلف دونات مانگو و روش فرآوری را بررسی نمودند. فرمولاسیون پالپ مانگو در ترکیب با آرد رنج و ذرت بررسی شد. هر دو فرمولاسیون با دو روش لقمه سوخاری با سوخت گاز[1] (خمیر غوطه‌ور در روغن) و کریپ میکر[2] (خمیر روی صفحه داغ) تحت شرایط کنترل‌شده فرآوری شدند. نتایج نشان داد که محتوی رطوبت دونات‌های مانگو با استفاده از سرخ‌کن گازی که شامل ذرت یا آرد برنج بودند به میزان معنی‌داری کمتر از فرمولاسیون‌های یکسان با استفاده از کریپ میکر بود. بالاترین محتوی چربی برای دونات حاوی آرد برنج و آرد ذرت به‌ترتیب برابر با ۲۵/۳۴ و ۲۹/۷۸ درصد بود. محتوی بتا-کاروتن دونات‌های فرآوری شده با روش کریپ میکر به‌طور معنی‌داری بالاتر از دونات‌های سرخ‌شده در روغن بود (Kante-Traore et al., 2018). Sakhale و همکاران (۲۰۱۱) تأثیر هیدروکلوئیدهایی مانند کربوکسی متیل سلولز، هیدروکسی پروپیل متیل سلولز، صمغ زانتان و صمغ گوار را روی کاهش محتوی روغن ساموسا بررسی کردند. این هیدروکلوئیدها به آرد گندم در ساموسا به نسبت ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد برحسب وزن خشک اضافه شدند. نتایج نشان داد که صمغ زانتان در سطح ۱/۵ درصد به میزان قابل توجهی نسبت به سایر هیدروکلوئیدها محتوی روغن را کاهش می‌دهد (۸/۵۶ درصد). همچنین صمغ زانتان به همراه کربوکسی‌متیل‌سلولز نیز به‌طور معنی‌داری محتوی روغن را کاهش داد (۹/۳۸ درصد). با افزایش میزان هیدروکلوئیدها نیز محتوی روغن به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، همچنین حضور صمغ زانتان موجب بهبود خصوصیات کیفی و ارزیابی حسی نیز شد (Sakhale et al., 2011). Lim و همکاران (۲۰۱۲) از پلی‌گاما گلوتامیک اسید جهت کاهش محتوی روغن در دونات استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که با افزایش سطح پلی گاما گلوتامیک اسید از ۰/۲۵ تا ۱ گرم به ازای ۱۰۰ گرم خمیر؛ محتوی روغن در محصول تا پنج برابر کاهش یافت. تصاویر میکروسکوپی تهیه شده از دونات‌های حاوی ۱ گرم گاماگلوتامیک اسید حفرات کمتر و ماتریکس متراکم‌تری را نشان داد و تمامیت ساختاری آن بهبود یافته بود و همچنین نتایج ارزیابی حسی مطلوبی نیز نشان داد (Lim et al., 2012).

یکی از اصلی‌ترین راهکارهای غنی‌سازی آردها، اختلاط آرد گندم با سایر آردهاست. هدف اصلی از این اختلاط، افزایش ترکیبات معدنی، ویتامین‌ها، پروتئین‌ها و فیبرهای رژیمی در محصول نهایی است. تریتیکاله با نام علمی *X triticosecale wittmack* اولین غله‌ای است که به دست انسان از تلاقی گندم جنس *Triticum* و چاودار جنس *Secale* می‌باشد (Najaf Najafii et al.. 2008). تریتیکاله در مقایسه با گندم، برنج، ذرت، چاودار و یولاف درصد پروتئین بیشتری دارد. مقدار اسید آمینه لیزین تریتیکاله از گندم بیشتر و از چاودار کمتر است. همچنین تریتیکاله تا حدودی مواد معدنی بیشتر و میزان ویتامین برابر با گندم دارد (Zannini & Elke, 2013). ترتیکاله حاوی چربی فسفاته و غیرآزاد بیشتری نسبت به گندم است که این خصوصیت خود را از چاودار به ارث برده است. این غله نیز به‌عنوان منبعی غنی از پروآنتیوسیانیدین، لیگنان‌ها و اسیدهای فنولیک مشخص شده است (Ghushji, 2000).

از دیگر اهداف تحقیق پیش رو بهره‌مندی از خاصیت آنتی‌اکسیدانی و ضدمیکروبی اسانس هل سبز در دونات تخمیر حاوی آرد تریتیکاله و صمغ دانه ریحان بود. هل سبز با نام علمی *Elettaria cardamomum*، متعلق به تیره زنجبیلیان است. انواع هل شامل هل سبز و هل سفید است که نوع سبز آن عطر تندتری دارد. هل یکی از پرکاربردترین چاشنی‌های معطر مورد استفاده در بعضی از غذاها، نان‌ها، شیرینی‌ها، به خصوص مرباهاست. اثر ضدمیکروبی هل توسط برخی از دانشمندان نظیر Kubo و همکاران (۱۹۹۱)، El Malti و همکاران (۲۰۰۷)، Kaushik و همکاران (۲۰۱۰) و Husain و Ali (۲۰۱۴) گزارش شده است. همچنین Noshad و Alizadeh Behbahani (۲۰۱۹) به شناسایی ترکیبات شیمیایی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و تأثیر ضدمیکروبی اسانس هل سبز بر تعدادی از میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا در شرایط آزمایشگاهی پرداختند. این

1 Gas-fueled fritter
2 Crepe maker

محققان ۲۳ ترکیب در اسانس هل سبز شناسایی نمودند که بیشترین ترکیب (۳۱/۵۳ درصد) مربوط به Eucalyptol بود. همچنین فعالیت آنتی‌اکسیدانی اسانس هل سبز براساس درصد مهارکنندگی رادیکال آزاد برابر با ۴۳ و حداقل غلظت مهارکنندگی رادیکال این اسانس بین ۳۲-۴ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر بسته به نوع باکتری (گرم مثبت و منفی) گزارش شد.

بنابراین هدف از فاز اول این پژوهش غنی‌سازی دونات تخمیری سرخ شده و کاهش محتوی روغن با جایگزینی بخشی از آرد گندم با آرد تریتیکاله (۱۵ و ۳۰ درصد) و استفاده از صمغ دانه ریحان (سطوح مصرفی ۰/۵ و ۱ درصد براساس وزن آرد) بود. در فاز دوم این تحقیق به بررسی افزودن اسانس هل سبز (در سطوح صفر، ۳۰، ۶۰ و ۱۰۰ پی پی ام) به بهترین نمونه دونات حاوی آرد تریتیکاله و صمغ دانه ریحان (بر اساس کمترین سفتی بافت و محتوی روغن و بیشترین میزان حجم و تخلخل) پرداخته شد و عملکرد این اسانس بر ویژگی‌های حسی و خصوصیات آنتی‌اکسیدانی و میکروبی محصول هدف بررسی گردید.

جدول ۱- نمونه‌های دونات در فاز اول و دوم پژوهش

Table 1- Samples of doughnuts in the first and second phases of the research

First Phase فاز اول		
Basil seed gum (based on dry matter content of the dough) **صمغ دانه ریحان (براساس درصد ماده خشک خمیر)**	**Flour type (%)** **نوع آرد (درصد)**	
	Triticale **تریتیکاله**	**Wheat** **گندم**
0	0	100
0.50	0	100
1	0	100
0	15	85
0	30	70
0.50	15	85
1	15	85
0.50	30	70
1	30	70

Second Phase فاز دوم	
Green cardamom essential oil (ppm) **اسانس هل سبز (پی‌پی‌ام)**	**Treatment** **تیمارها**
0 (Control 1)	**The sample contains 100% wheat flour and does not contain basil gum** **نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد گندم و فاقد صمغ ریحان**
0 (Control 2)	***** The best treatment of phase one** *****بهترین نمونه فاز یک**
50	**The best treatment of phase one** **بهترین نمونه فاز یک**
100	**The best treatment of phase one** **بهترین نمونه فاز یک**
150	**The best treatment of phase one** **بهترین نمونه فاز یک**
200	**The best treatment of phase one** **بهترین نمونه فاز یک**

*** بهترین نمونه دونات در فاز اول براساس کمترین سفتی بافت و محتوی روغن و بیشترین میزان تخلخل و حجم مخصوص انتخاب می‌شود.

*** The best doughnuts sample in the first phase is selected based on the least firmness of the texture and oil content and the highest amount of porosity and specific volume.

مواد و روش‌ها

آرد نول از کارخانه آرد رضا و آرد تریتیکاله رقم سناباد از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی تهیه شد. تخم‌مرغ تازه نیز یک روز قبل از تولید تهیه و در یخچال

نگهداری شد. همچنین مخمر خشک فعال (*ساکارومایسس سروزیه*[۱]) از کارخانه رضوی (مشهد، ایران) و سایر مواد نظیر شکر، روغن مایع، شیرخشک و هل سبز از یک فروشگاه عرضه‌کننده مواد اولیه قنادی، وانیل (رودیا، فرانسه) و صمغ دانه ریحان از شرکت ریحان گام (گرگان، ایران) خریداری شد.

تهیه اسانس هل سبز

هل سبز پس از خریداری با آب سرد شسته شد و پس از خشک شدن در دمای آزمایشگاه (۳۰ -۲۵ درجه سانتی‌گراد) توسط آسیاب (مولینکس، AR110O10) پودر و از الک با مش ۸۰ عبور داده شد و در کیسه‌های پلی‌اتیلنی نگهداری گردید. به‌منظور تهیه اسانس هل سبز از روش تقطیر با آب و دستگاه کلونجر استفاده شد. بدین منظور ۵۰ گرم از پودر هل سبز و ۷۵۰ میلی‌لیتر آب به دستگاه کلونجر اضافه شد و عمل استخراج اسانس طی ۴ ساعت انجام شد. سپس آبگیری اسانس به‌وسیله سولفات سدیم انجام شد. اسانس استخراجی تا انجام آزمایشات در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

تهیه دونات

به‌منظور تهیه دونات در فاز اول این تحقیق آرد گندم (۵۰۰، ۴۲۵ و ۳۵۰ گرم) و آرد تریتیکاله (صفر، ۷۵ و ۱۵۰ گرم) به همراه سایر مواد پودری شامل شیرخشک (۲۰ گرم)، نمک (۴ گرم)، وانیل (۱ گرم)، صمغ دانه ریحان (صفر، ۰/۵۰ و ۱ درصد براساس درصد ماده خشک خمیر) مخلوط و دوبار الک شدند. در ادامه روغن (۸۰ گرم) اضافه و مواد به مدت ۵ دقیقه با سرعت ۱۲۰ دور در دقیقه مخلوط گردیدند. سپس محلول مخمر اضافه شد و به مدت ۲ دقیقه مخلوط کردن ادامه یافت. محلول مخمر شامل مخمر (۱۲ گرم)، آرد (۵۰ گرم)، شکر (۸۰ گرم) و آب (۱۰۰ سی‌سی) بود. جهت فعال‌سازی مخمر، محلول تهیه شده به مدت ۳۰ دقیقه در دمای محیط (۳۰ -۲۵ درجه سانتی‌گراد) قرار گرفت.

در ادامه تخم‌مرغ (۱۰۰ گرم) به مخلوط قبلی اضافه و به مدت ۲ دقیقه عمل مخلوط کردن انجام شد. در انتها آب و آب لیمو (۱۰ سی سی) اضافه و خمیر آماده شده به‌صورت دستی با ضخامت ۱ سانتی‌متر پهن شد و با قالب از جنس استیل که به‌ترتیب دارای قطر داخلی و خارجی ۲/۵ و ۶ سانتی‌متر بود، قالب‌زنی شد. همچنین مرحله تخمیر به مدت ۴۰ دقیقه در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۰ درصد انجام شد و بعد از آن نمونه‌ها در سرخ‌کن به مدت ۴ دقیقه با دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد سرخ شدند. مخزن سرخ‌کن با ۱/۵ لیتر روغن پر شد، به‌منظور تثبیت و پایدار شدن دمای روغن، ۱ ساعت قبل از شروع سرخ کردن، روشن خواهد شد. نمونه‌های تولیدی پس از سرد شدن در دمای محیط (۳۰- ۲۵ درجه سانتی‌گراد) به مدت ۳۰ دقیقه در پوششی از جنس پلی‌اتلین بسته‌بندی و نگهداری شد (Zolfaghari *et al.*, 2013). لازم به ذکر است که روغن سطحی دونات پس از سرخ کردن و قبل از سرد شدن با استفاده از کاغذ جاذب جدا شد. در فاز دوم پژوهش پیش رو، به فرمول بهترین نمونه دونات (انتخابی از فاز اول) سطوح متفاوت اسانس هل (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ پی‌پی‌ام) افزوده شد. بهترین نمونه دونات در فاز اول براساس کمترین سفتی بافت و محتوی روغن و بیشترین میزان تخلخل و حجم مخصوص انتخاب شد و به‌عنوان یکی از دو شاهد فاز دوم در نظر گرفته شد. شاهد یک در دومین بخش در واقع نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد گندم بود.

رطوبت

جهت اندازه‌گیری رطوبت از استاندارد AACC (2000)، شماره ۱۶- ۴۴ استفاده گردید. برای این منظور نمونه‌ها در فاصله زمانی ۲ ساعت، ۳ روز و یک هفته پس از تولید در آون (Jeto Tech، OF-O2G، کره جنوبی) با حرارت ۱۰۵- ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند.

اندازه‌گیری محتوی روغن

نمونه‌های سرخ شده و خنک شده به قطعات کوچکتر (۱۶- ۱۲ گرم) بریده شدند و در آن هوای داغ (Jeto Tech، OF-O2G، کره جنوبی) در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک گردیدند. نمونه خشک شده توسط آسیاب برقی خرد شد، جرم نسبی روغن برحسب ماده خشک بدون روغن مطابق رابطه (۱) محاسبه شد. در این رابطه W_1 وزن ثابت اولیه بالن، W_2 وزن نهایی بالن پس از استخراج و m وزن نمونه خشک شده بر حسب گرم است و O میزان روغن جذب شده برحسب ماده خشک ($g\ g^{-1}$, db) محاسبه شد. میانگین محتوی چربی موجود در خمیر اولیه نیز محاسبه گردید و از این مقدار کسر شد.

$$O = \frac{W_1 - W_2}{m - O} \qquad (۱)$$

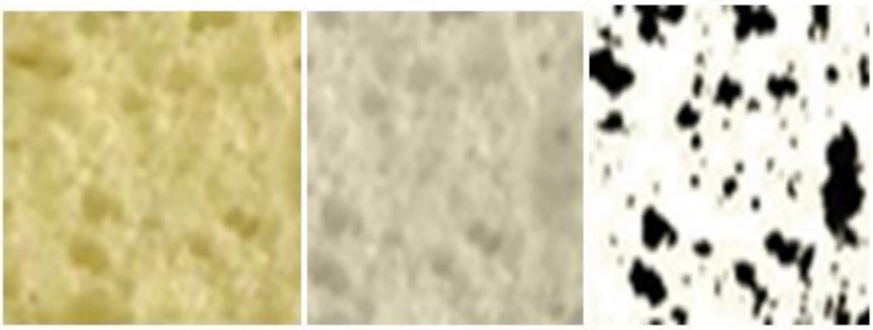
شاخص تخلخل

جهت اندازه‌گیری شاخص تخلخل، تصویر بافت درونی توسط نرم افزار ImageJ نسخه 1.6.0 پردازش شد. ابتدا تصویر اصلی (شکل ۱- الف) به تصویر ۸ بیتی (شکل ۱- ب) تبدیل شد و سپس تصویر

---
[۱] *Saccharomyces cervisiae*

دودویی (شکل ۱- ج) ایجاد گردید. سپس، نسبت مساحت بخش‌های تیره (Sb) و روشن (Sw) در تصاویر دودویی محاسبه شد و شاخص تخلخل (p) مطابق رابطه ۲ به‌دست آمد.

$$p = \frac{S_b}{S_w} \quad (۲)$$



شکل ۱- تصویر اولیه (الف)، تصویر ۸ بیتی (ب) و تصویر دودویی (ج) جهت اندازه گیزی شاخص تخلخل
Fig. 1. Primary image (a), 8-bit image (b) and binary image (c) to measure the porosity index

حجم مخصوص

برای اندازه‌گیری حجم مخصوص از روش جایگزینی حجم با دانه کلزا[1] مطابق با استاندارد AACC (2000)، شماره ۱۰- ۰۵ استفاده شد. برای این منظور در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت، قطعه‌ای به ابعاد ۲× ۲ سانتی‌متر از نمونه‌های تولیدی تهیه شد. ابتدا وزن قطعه مورد نظر توزین و سپس حجم آن اندازه‌گیری شد. در نهایت از تقسیم حجم بر وزن نمونه، حجم مخصوص براساس سانتی‌متر مکعب بر گرم تعیین شد.

سفتی بافت

بررسی بافت نمونه‌ها در بازه زمانی ۲ ساعت، ۳ روز و یک هفته پس از تولید با استفاده از دستگاه بافت‌سنج (QTS، CNS، Farnell، انگلستان) و توسط آزمون فشردن صورت گرفت. در این آزمایش ابتدا نمونه‌های دونات که به‌صورت برش‌های یکسان با ابعاد۲× ۲× ۲ سانتی‌متر توسط تیغ بریده شدند و روی صفحه نگهدارنده قرار گرفتند. سپس پروب دستگاه به اندازه ۴× ۴ سانتی‌متر و با سرعت ۱ میلی‌متر بر ثانیه شروع به حرکت کرد و پس از تماس با سطح نمونه، به اندازه ۷۵ درصد از ارتفاع اولیه نمونه را فشرده نمود (Pourhaji et al., 2011).

رنگ پوسته

آنالیز رنگ پوسته دونات در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از تولید، از طریق تعیین سه شاخص L^*، a^* و b^* صورت پذیرفت. شاخص L^* معرف میزان روشنی نمونه می‌باشد و دامنه آن از صفر (سیاه خالص) تا ۱۰۰ (سفید خالص) متغیر است. شاخص a^* میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های سبز و قرمز را نشان می‌دهد و دامنه آن از ۱۲۰- (سبز خالص) تا ۱۲۰+ (قرمز خالص) متغیر است. شاخص b^* میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های آبی و زرد را نشان می‌دهد و دامنه آن از ۱۲۰- (آبی خالص) تا ۱۲۰ + (زرد خالص) متغیر می‌باشد (Sun., 2008). جهت اندازه‌گیری این شاخص‌ها ابتدا برشی به ابعاد ۲ در ۲ سانتی‌متر از دونات تهیه گردید و به‌وسیله اسکنر (HP Scanjet G3010) با وضوح ۳۰۰ پیکسل تصویربرداری شد. سپس تصاویر در اختیار نرم‌افزار Image J قرار گرفت. با فعال کردن فضای LAB در بخش Plugins، شاخص‌های فوق محاسبه شد (Sabbaghi et al., 2018).

فعالیت آنتی‌اکسیدانی

فعالیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از روش DPPH اندازه‌گیری شد (Larrauri et al., 1998). برای این منظور ۱۰۰ میکروگرم از نمونه خشک شده با ۱۰ میلی‌لیتر متانول به مدت ۲ ساعت عصاره‌گیری شد، سپس ۰/۱ میلی‌لیتر از عصاره با ۲/۹ میلی لیتر DPPH ۰/۱ میلی مولار مخلوط و به شدت تکان داده شد و بعد از ۳۰ دقیقه نگهداری در تاریکی عدد جذب نور در طول موج ۵۱۷ نانومتر با دستگاه اسپکتوفتومتر قرائت شد. درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌ها با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد.

1 Rape seed displacement

Antioxidant activity (%) =(1-(Sample absorbtion −Blank absorbtion)/Control absorbtion)×100 (۳)

بلانک حاوی ۰/۱ میلی لیتر عصاره متانولی نمونه و ۲/۹ میلی‌لیتر حلال متانول بدون DPPH و کنترل شامل ۲/۹ میلی‌لیتر DPPH و ۰/۱ میلی‌لیتر حلال متانولی بدون عصاره نمونه بود.

کشت کپک و مخمر

جهت انجام این آزمایش از استاندارد AACC (2000)، شماره ۲- ۱۰۸۹۹ استفاده گردید. برای این منظور ۱۰ گرم از نمونه به ۹۰ گرم محلول استریل رینگر اضافه شد. به مدت ۵ دقیقه زمان داده شد تا مواد به‌صورت محلول در آمد. از محیط کشت YGC Agar استفاده شد. به مقدار ۱ میلی‌لیتر از مواد اولیه که در محیط کشت رینگر حل شده بود در پلیت‌های استریل ریخته و بعد به محیط کشت اضافه گردید و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. این آزمون بلافاصله پس از تولید و در روز سوم، ششم، نهم، دوازدهم و پانزدهم انجام شد.

ویژگی‌های حسی

بدین منظور ۱۰ ارزیاب انتخاب شدند. بدین منظور سه نمونه محلول ساکارز به تعدادی داوطلب (۳۰ نفر) جهت ارزیابی حسی داده شد. دو نمونه از محلول‌ها دارای غلظت یکسان و مشابه بودند و داوطلبان از این موضوع اطلاعی نداشتند. از بین داوطلبان، ۱۰ داور به دو نمونه مشابه اشاره کردند. بدین ترتیب ۱۰ ارزیاب منتخب آموزش دیدند و از توانمندی آن‌ها در ارزیابی حسی استفاده شد. خصوصیات حسی از نظر فرم و شکل (ضریب رتبه‌ای ۴)، پوسته (ضریب رتبه‌ای ۲)، تخلخل (ضریب رتبه‌ای ۲)، سفتی بافت (ضریب رتبه‌ای ۲)، قابلیت جویدن (ضریب رتبه‌ای ۳) و بو و مزه (ضریب رتبه‌ای ۳) ارزیابی شدند (Jalali et al., 2019). ضریب ارزیابی صفات براساس روش هدونیک پنج نقطه‌ای (۱: بسیار بد، ۲: بد، ۳: متوسط، ۴: خوب و ۵: خیلی خوب) بود. با داشتن این معلومات، پذیرش کلی با استفاده از رابطه ۴ محاسبه شد.

$$Q = \frac{\sum (P \times G)}{\sum P} \quad (۴)$$

Q= پذیرش‌کلی (عدد کیفیت دونات)، P= ضریب رتبه صفات و G= ضریب ارزیابی صفات

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

در فاز اول تجزیه و تحلیل آماری جهت بررسی تأثیر آرد تریتیکاله و صمغ دانه ریحان بر میزان رطوبت، محتوی چربی، حجم مخصوص، تخلخل، سفتی بافت و شاخص‌های رنگی دونات از طرح ساده کاملا تصادفی با در نظرگیری ۹ تیمار فرمولاسیون به صورت شاهد (فاقد آرد تریتیکاله و صمغ)، صمغ دانه ریحان (در دو سطح ۰/۵۰ و ۱)، آرد تریتیکاله (در دو سطح ۱۵ و ۳۰) و ترکیبی آرد تریتیکاله و صمغ (در چهار سطح ۱۵: ۰/۵۰، ۱۵: ۱، ۳۰: ۰/۵۰ و ۳۰: ۱) انجام گرفت. در فاز دوم تجزیه و تحلیل آماری جهت بررسی تأثیر اسانس هل سبز بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی، رشد کپک و مخمر و ویژگی‌های حسی از طرح کاملا تصادفی با در نظرگیری ۶ تیمار فرمولاسیون به صورت شاهد یک (نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد گندم)، شاهد دو (بهترین نمونه فاز اول به لحاظ کمترین سفتی بافت و محتوی چربی و بیشترین میزان حجم مخصوص و تخلخل) و بهترین نمونه فاز اول در حضور اسانس هل (۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ پی‌پی‌ام) انجام شد. در صورت وجود اختلاف معنی‌دار مقایسه میانگین توکی با سطح اطمینان ۹۵ درصد صورت پذیرفت ($P<0.05$). برای تجزیه و تحلیل آماری از نرم‌افزار Mini-Tab17 و جهت رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد. کلیه آزمایشات بجز ویژگی های حسی با سه تکرار انجام گرفت. برای ویژگی‌های حسی ۳۰ تکرار در نظر گرفته شد (تعداد تکرار در پخت× تعداد ارزیاب‌ها).

نتایج و بحث

رطوبت

جدول ۲ نتایج رطوبت دونات‌های تولیدی را در سه بازه زمانی بلافاصله پس از سرخ کردن و ۳ روز و یک هفته پس از تولید نشان می‌دهد. همانطور که نتایج نشان می‌دهد نمونه حاوی ۸۵ درصد آرد گندم، ۱۵ درصد آرد تریتیکاله و ۱ درصد صمغ دانه ریحان به‌طور معنی‌داری ($P<0.05$) از بیشترین میزان رطوبت در هر سه بازه زمانی (۲ ساعت، ۳ روز و یک هفته پس از تولید) در مقایسه با سایر نمونه‌ها برخوردار بودند.

بتاگلوکان موجود در آرد تریتیکاله یکی از عوامل افزایش رطوبت محصولات حاوی این آرد است. زیرا بتاگلوکان به دلیل آرایش انعطاف پذیر، محلول در آب بوده و معمولا محلول‌هایی با گرانروی بالا تشکیل می‌دهد که قابلیت حفظ رطوبت و جذب آب بیشتر را در مقایسه با نمونه فاقد آن دارد (Li et al., 2006). از طرفی همانطور که مشاهده شد، افزایش بیش از ۱۵ درصد آرد تریتیکاله در فرمول دونات سبب کاهش رطوبت نمونه‌های تولیدی شد. علت کاهش میزان رطوبت دونات‌های تولیدی با افزایش سطح جایگزینی آرد گندم با آرد ترتیکاله را چنین می‌توان توجیه نمود که در اثر این جایگزینی

میزان گلوتن کل فرمولاسیون کاهش یافته و همین امر با تضعیف شبکه گلوتنی موجود در خمیر دونات در کاهش و از دست دادن رطوبت طی فرایند سرخ کردن و نگهداری آن مؤثر بوده است. در ارتباط با رطوبت بیشتر دونات‌های حاوی صمغ ریحان نیز باید گفت که صمغ‌ها دارای ماهیت آبدوست هستند و از این طریق سبب حفظ رطوبت خمیر طی فرایند سرخ کردن و نگهداری دونات می‌گردند. Sheikholeslami و همکاران (۲۰۱۸) از صمغ دانه ریحان در فرمولاسیون اشترودل حاصل از خمیر منجمد استفاده کردند و ترکیبات هیدروکلوئیدی را عاملی مؤثر بر حفظ رطوبت طی فرایند پخت و نگهداری دانستند. همچنین Mortazavi و Yousefzadeh Sani (۲۰۱۷) از صمغ ریحان و زانتان در فرمول پوشش ناگت مرغ استفاده نمودند و حضور صمغ را عاملی بر کاهش تردی پوشش ناگت مرغ و کاهش افت رطوبت آن گزارش کردند.

جدول ۲- اثر آرد تریتیکاله و صمغ دانه ریحان بر رطوبت دونات در سه بازه زمانی ۲ ساعت، ۳ روز و یک هفته پس از تولید

Table 2- Effect of triticale flour and basil seed gum on doughnuts moisture in three time periods of 2 hours, 3 days and one week after production

تیمارها Treatments	رطوبت (درصد) Moisture (%)		
	۲ ساعت 2 hours	۳روز 3 days	یک هفته 1 week
Control (100% wheat flour- no triticale flour and gum) شاهد (۱۰۰ درصد آرد گندم- فاقد آرد تریتیکاله و صمغ)	19.33± 0.55^{e}	16.95± 0.51^{ef}	15.41± 0.93^{e}
100% wheat flour+ 0.50% gum ۱۰۰ درصد آرد گندم+ ۰/۵۰ درصد صمغ	22.57± 0.72^{cd}	19.99± 1.43^{cd}	16.27± 0.76^{c}
100% wheat flour+ 1% gum ۱۰۰ درصد آرد گندم+ ۱ درصد صمغ	23.97± 0.32^{bc}	22.85± 0.17^{b}	20.89± 1.03^{b}
85% wheat flour+ 15% triticale flour ۸۵ درصد آرد گندم+ ۱۵ درصد آرد تریتیکاله	21.83± 0.15^{d}	19.11± 1.09^{de}	15.68± 1.09^{c}
70% wheat flour+ 30% triticale flour ۷۰ درصد آرد گندم+ ۳۰ درصد آرد تریتیکاله	18.96± 0.72^{e}	15.06± 1.13^{f}	11.25± 0.91^{d}
85% wheat flour+ 15% triticale flour+ 0.50 gum ۸۵ درصد آرد گندم+ ۱۵ درصد آرد تریتیکاله+ ۰/۵۰ صمغ	25.10± 0.75	24.63± 0.29^{ab}	21.01± 1.02^{b}
85% wheat flour+ 15% triticale flour+ 1% gum ۸۵ درصد آرد گندم+ ۱۵ درصد آرد تریتیکاله+ ۱ درصد صمغ	26.90± 0.61^{a}	26.12± 1.13^{a}	24.12± 1.12^{a}
70% wheat flour+ 30% triticale flour+ 0.50 gum ۷۰ درصد آرد گندم+ ۳۰ درصد آرد تریتیکاله+۰/۵۰ صمغ	22.46± 0.24^{cd}	19.25± 1.12^{de}	16.52± 0.76^{c}
70% wheat flour+ 30% triticale flour+ 1% gum ۷۰ درصد آرد گندم+ ۳۰ درصد آرد تریتیکاله+ ۱ درصد صمغ	23.81± 0.83^{bc}	22.13± 1.04^{bc}	17.89± 1.19^{c}

حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح $P<0.05$ تفاوت معنی‌داری ندارند.

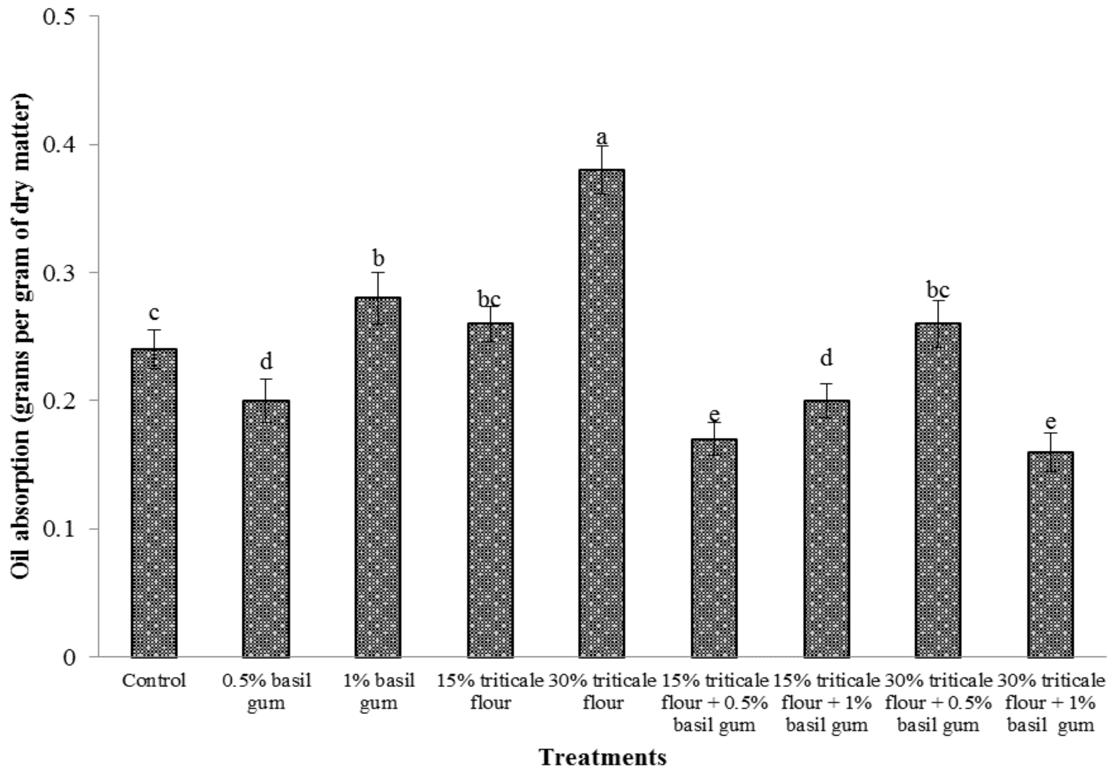
Similar letters in each column are not statistically significant at the level of $P <0.05$.

محتوی روغن

شکل ۲ نشان‌دهنده میزان محتوی روغن دونات‌های تولیدی است. نتایج حاکی از آن بود که نمونه حاوی ۱۵ درصد تریتیکاله و ۰/۵۰ درصد صمغ دانه ریحان و نمونه حاوی ۳۰ درصد آرد تریتیکاله و ۱ درصد صمغ دانه ریحان از کمترین محتوی روغن در مقایسه با سایر نمونه‌ها برخوردار بودند. لازم به ذکر است که این انتظار وجود داشت که نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد گندم و ۱ درصد صمغ دانه ریحان (فاقد آرد تریتیکاله) از کمترین محتوی روغن در مقایسه با سایر نمونه‌ها برخوردار باشد، اما چنین نتیجه‌ای مشاهده نشد که به احتمال زیاد این امر تحت تأثیر رقابت نشاسته و صمغ در جذب آب بوده است و از آنجا که ۱ درصد صمغ در نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد گندم زیاد بوده و صرف اصلاح ساختار مصول هدف نشده است، آب را از دسترس نشاسته جهت ژلاتیناسیون طی فرایند سرخ کردن، خارج نموده و چون بافت دونات به خوبی ژلاتینه نشده است، روغن بیشتری را در مقایسه با نمونه‌های حاوی ۱۵ و ۳۰ درصد آرد تریتیکاله در همین سطح مصرفی روغن (۱ درصد) جذب نموده است.

طبق یافته‌های Sakhale و همکاران (۲۰۱۱) نیز هرچه افت رطوبت ماده غذایی حین فرایند سرخ کردن بیشتر باشد، محتوی روغن بیشتر می‌شود (Sakhale et al., 2011). Salvador و همکاران (۲۰۰۸) به مطالعه اثر صمغ متیل سلولز به‌عنوان پوشش در فراورده‌های خمیری سرخ شده نظیر دونات پرداختند. نتایج این پژوهشگران نشان داد، صمغ متیل سلولز به‌طور مؤثری محتوی روغن

بسیاری از فراورده‌های دارای پوشش خمیری را کاهش داد. بنابراین قابل پیش‌بینی بود در نمونه های حاوی صمغ در مقایسه با نمونه‌های فاقد آن به دلیل افزایش رطوبت فراورده و کاهش افت رطوبت طی فرایند سرخ کردن، محتوی روغن نیز کاهش یابد و به‌طور کل نمونه‌هایی با رطوبت بیشتر از محتوی روغن کمتری برخوردار باشند (Salvador et al., 2008). Quasem و همکاران (۲۰۰۹) خمیر نشاسته پوشش‌دار و بدون پوشش را از نظر دفع رطوبت و محتوی روغن مقایسه کردند. نتایج این محققان نشان داد محتوی روغن محصول پوشش‌دار شده با متیل سلولز، ۸۰ درصد کاهش یافت (Quasem et al., 2009). Zolfaghari و همکاران (۲۰۱۳) تأثیر نوع پوشش هیدروکلوئیدی و افزودن آرد سویا بر ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی دونات را بررسی کردند. نتایج این محققان نشان داد جایگزینی آرد سویا با آرد گندم تأثیر معنی‌داری در سطح آماری ۵ درصد بر میزان رطوبت و روغن نداشت. همچنین نتایج نشان داد تأثیر استفاده از پوشش هیدروکلوئیدی بر میزان رطوبت معنی‌دار نبود ولی سبب کاهش محتوی روغن شد (Zolfaghari et al., 2013). Kim و همکاران (۲۰۱۵) اثرات صمغ هیدروکسی‌پروپیل‌متیل‌سلولز بر محتوی روغن و بافت دونات سویا فاقد گلوتن را بررسی کردند. نتایج نشان داد که دونات حاوی سویا در حدود دو برابر محتوی روغن و افت رطوبت بیشتر در مقایسه با نمونه شاهد داشتند. همچنین نتایج نشان داد که افزودن صمغ به فرمولاسیون دونات سبب افزایش جذب آب و کاهش محتوی روغن نمونه‌های تولیدی شد (Kim et al., 2015). Saguy و Pinthus (۱۹۹۵) نیز بیان کردند که اولین مکانیسم جذب روغن جایگزینی آب است. در این حالت روغن به ماده غذایی چسبیده و متناسب با مقدار آبی که ماده غذایی از دست داده، وارد منافذ موجود در ماده غذایی می‌شود. این عمل از چروکیده شدن سطح ماده غذایی جلوگیری می‌کند (Saguy and Pinthus, 1995). Sabbaghi و Ziaiifar (۲۰۱۸) بیان کردند که با افزایش غلظت بقایای روغن در بستر سرخ‌کن، جذب روغن نیز بیشتر خواهد شد. ترکیبات هیدروکلوئیدی با کاهش خروج رطوبت موجب جلوگیری از واکنش‌های هیدرولیز می‌گردند و در نتیجه ساختار روغن کمتر دچار آلودگی پلیمری خواهد شد (Ziaiifar and Sabbaghi, 2018).



شکل ۲- اثر آرد تریتیکاله و صمغ دانه ریحان بر محتوی روغن دونات‌های تولیدی

حروف مشابه از نظر آماری در سطح **P<0.05** تفاوت معنی‌داری ندارند

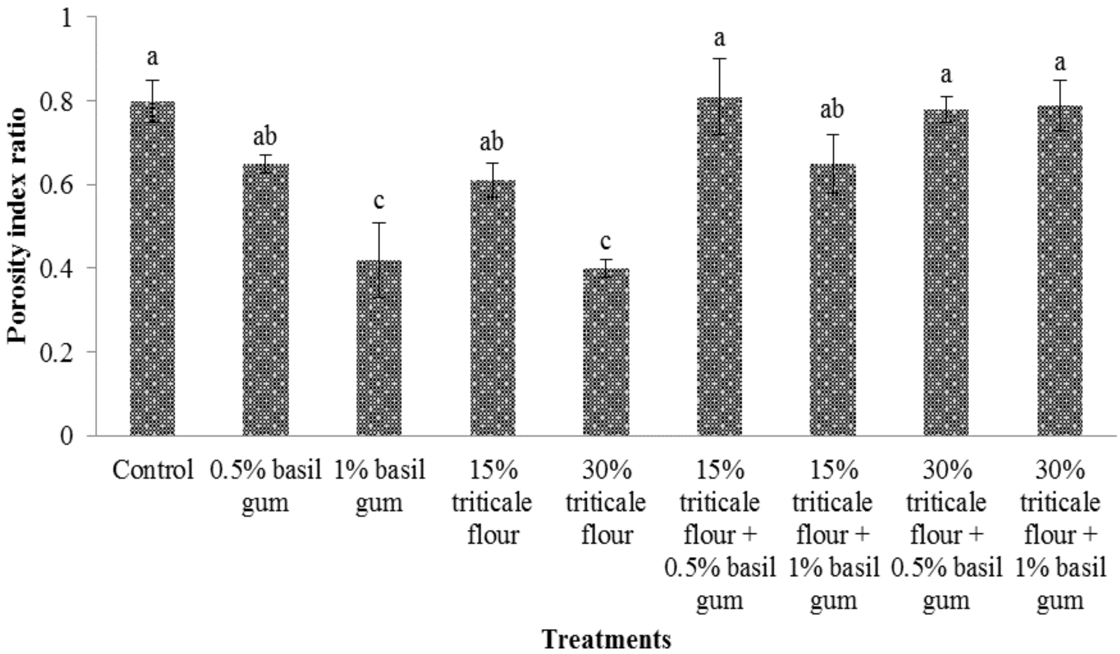
Fig. 2. Effect of triticale flour and basil seed gum on the oil content of doughnuts

Similar letters are not statistically significant at the level of P <0.0

تخلخل

شکل ۳ نشان‌دهنده تخلخل نمونه دونات‌های تولیدی است. همانطور که نتایج نشان می‌دهد نمونه شاهد، نمونه حاوی ۱۵ درصد

آرد تریتیکاله به همراه ۰/۵۰ درصد صمغ دانه ریحان و نمونه حاوی ۳۰ درصد آرد تریتیکاله در هر دو سطح مصرفی صمغ دانه ریحان (۰/۵۰ و ۱ درصد) دارای بیشترین میزان تخلخل بودند و بین این ۴ نمونه اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد مشاهده نشد. تخلخل به ساختار منافذ بافت درونی فراورده‌های نانوایی اشاره دارد و یکی از عوامل تأثیرگذار در خواص کیفی بافت درونی این دسته از محصولات محسوب می‌شود. از طرفی میزان تخلخل بافت درونی تحت تأثیر تعداد حفرات موجود در مغز بافت و هم‌چنین نحوه توزیع و پخش این حفرات است که هرچه تعداد حفرات و سلول‌های گازی بیشتر باشد و توزیع و پخش آن‌ها یکنواخت‌تر صورت گرفته باشد، میزان تخلخل فراورده نهایی بیشتر خواهد بود (Sahraiyan, 2016).



شکل ۳- اثر آرد تریتیکاله و صمغ دانه ریحان بر تخلخل دونات‌های تولیدی

حروف مشابه از نظر آماری در سطح P<0.05 تفاوت معنی‌داری ندارند

Fig. 3. The effect of triticale flour and basil seed gum on the porosity of doughnuts

Similar letters are not statistically significant at the level of P <0.05

در نمونه‌های حاوی ۱۵ و ۳۰ درصد آرد تریتیکاله (نمونه‌های فاقد صمغ) حباب‌های بزرگ هوا مشاهده گردید. به احتمال زیاد علت این امر آنست که از یک طرف آرد تریتیکاله دارای عوامل احیاکننده و پروتئازهای بیشتری نسبت به آرد گندم است (Pourmohammadi et al., 2011) که موجب کاهش پایداری خمیر، تضعیف ساختار محصول هدف و اختلال در ویژگی‌های تکنولوژیکی محصولات نانوایی از جمله بافت، حجم و تخلخل می‌شود (Fars et al., 2016). از طرف دیگر شبکه گلوتنی موجود در خمیر به دلیل حضور آرد ترتیکاله که یک آرد ضعیف است، ساختار ضعیف شده و قابلیت نگهداری حباب‌های هوا و استحکام بخشیدن به دیواره این حباب‌ها جهت حفظ آن‌ها در برابر پاره شدن ناشی از انبساط حین فرایند سرخ کردن مهیا نگردید و چندین حباب هوا در اثر پاره شدن به یکدیگر ملحق شده‌اند و پدیده تونلینگ اتفاق افتاده است که منجر به کاهش تخلخل می‌شود. Makinen و Arendt (۲۰۱۲) در پژوهش خود به این نکته اشاره نمودند که در محصولات تخمیری حاوی آرد ضعیف با ایجاد حالت چسبندگی و اندک ضخیم شدن سلول‌های گازی موجود در خمیر و بالطبع محصول نهایی می‌توان از پاره شدن این حفرات به طوری که دو یا چند حفره کوچک به یک حفره بزرگ تبدیل شود، جلوگیری به عمل آورد و در حفظ تعداد بیشتری سلول‌های گازی و حتی پخش یکنواخت‌تر آن‌ها موفق عمل نمود. Khorsand و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی اثر جایگزینی آرد سویا و عدس بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی دونات تخمیری پرداختند. در این پژوهش مقدار صفر، ۱۵ و ۳۰ درصد آرد سویا و آرد عدس جایگزین آرد گندم در نمونه‌های دونات شد. نتایج نشان داد جایگزینی آرد عدس و سویا موجب کاهش حجم و تخلخل به دلیل

تضعیف شبکه گلوتنی و کاهش توانایی نگهداری گازهای ناشی از تخمیر شد (Khorsand et al., 2018).

در پژوهش حاضر اثر مثبت صمغ دانه ریحان در استحکام بخشیدن به شبکه گلوتنی و بهبود آن بخصوص در نمونه‌های حاوی آرد تریتیکاله مشاهده شد. لازم به ذکر است با افزایش سطح جایگزینی آرد گندم با آرد تریتیکاله، نیاز به مصرف سطح بیشتر صمغ دانه ریحان در فرمولاسیون دونات افزایش یافت. به‌طوری که در سطح جایگزینی ۱۵ درصد آرد گندم با آرد تریتیکاله استفاده از ۰/۵ درصد صمغ دانه ریحان توصیه می‌شود و استفاده بیش از ۰/۵ درصد صمغ در فرمولاسیون منجر به کاهش تخلخل نمونه می‌شود. این امر را چنین می‌توان تفسیر نمود که با افزایش غلظت صمغ ریحان در نمونه‌های حاوی ۱۵ درصد آرد تریتیکاله و با توجه به ثابت بودن میزان آب فرمولاسیون، بین گلوتن و صمغ ریحان در جذب آب رقابت ایجاد می‌شود و با افزایش غلظت صمغ، آب کافی جهت توسعه شبکه گلوتنی وجود نخواهد داشت لذا شبکه گلوتنی ضعیف شده و قدرت نگهداری گاز و همچنین توزیع یکنواخت آن در حین تخمیر کاهش می‌یابد و در نتیجه آن کاهش تخلخل نمونه‌های تولیدی مشاهده خواهد شد. Ghorbani و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه‌ای به بررسی تأثیر صمغ ریحان و کتیرا بر بهبود کیفیت و ماندگاری دونات روغنی پرداختند. نتایج این پژوهشگران حاکی از افزایش تخلخل نمونه‌های حاوی صمغ به دلیل ایجاد خمیری منسجم و یکدست و بالطبع اثر مثبت آن بر پخش بهتر حباب‌های هوای موجود در خمیر و از سوی دیگر حفظ تعداد بیشتری از حباب‌های هوای طی فرایند سرخ کردن (بخش اعظم حباب های هوا طی فرایند تخمیر تولید شده) بود (Ghorbani et al., 2018). Sahraiyan و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه خود اثر صمغ شاهی و گوار را در نان حاوی آرد گندم- برنج مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهش بیانگر آن بود که نمونه حاوی ۰/۳ درصد صمغ گوار و ۰/۳ درصد صمغ شاهی و نمونه حاوی ۰/۳ درصد صمغ گوار و ۰/۶ درصد صمغ شاهی دارای بیشترین دارای بالاترین حجم مخصوص و تخلخل بودند (Sahraiyan et al., 2013).

حجم مخصوص

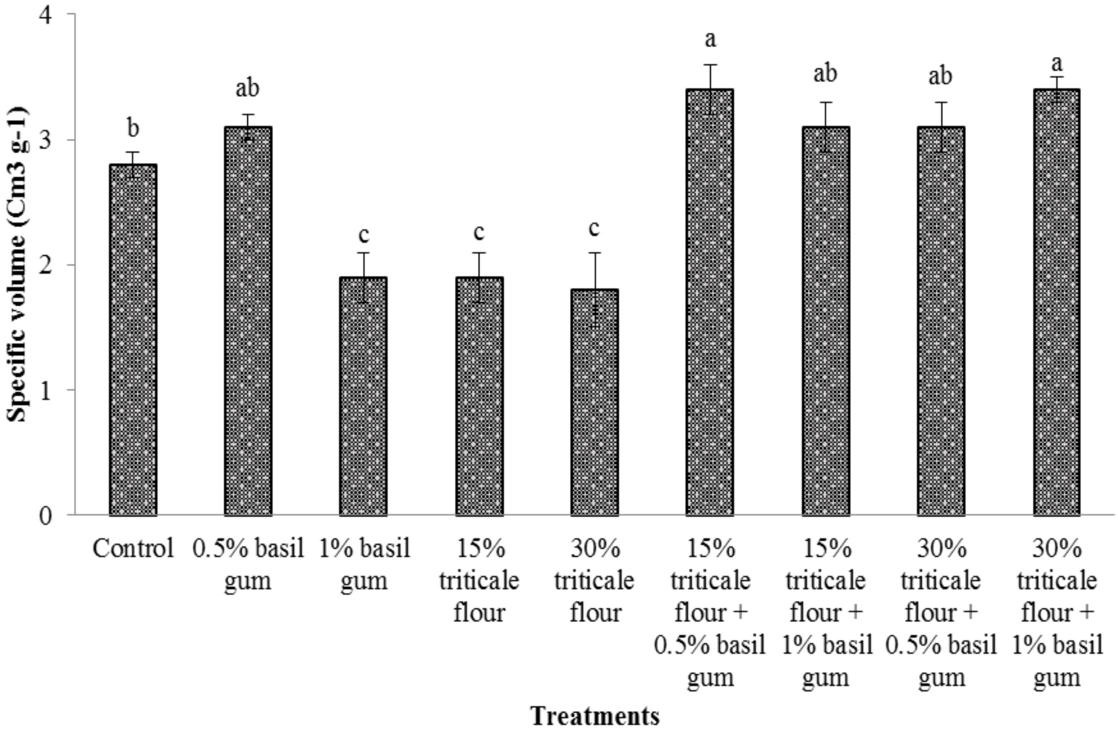
شکل ۴ نشان‌دهنده حجم مخصوص نمونه دونات‌های تولیدی است. همانطور که نتایج نشان می‌دهد نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد تریتیکاله و ۰/۵۰ درصد صمغ دانه ریحان و نمونه حاوی ۳۰ درصد آرد تریتیکاله و ۱ درصد صمغ دانه ریحان به طور معنی‌داری ($P<0.05$) از بیشترین میزان حجم مخصوص در مقایسه با سایر نمونه‌ها برخوردار بودند.

حضور آرد تریتیکاله به‌خصوص سطح ۱۵ درصد در افزایش حجم مخصوص مؤثر بود. این در حالی است که اثر مثبت صمغ دانه ریحان وابسته به سطح جایگزینی آرد گندم با آرد تریتیکاله بود. بدین صورت که نمونه حاوی ۱۵ و ۳۰ درصد آرد ترتیکاله جهت داشتن بیشترین حجم مخصوص به‌ترتیب به ۰/۵۰ و ۱ درصد صمغ احتیاج داشتند. این در حالی است که میزان حجم مخصوص نمونه‌های حاوی ۱۰۰ درصد آرد گندم در هر سه سطح مصرفی صمغ دانه ریحان کمتر از دو نمونه ذکر شده بود. در میان نمونه‌های حاوی ۱۰۰ درصد آرد گندم بیشترین میزان حجم مخصوص در نمونه حاوی ۰/۵۰ درصد صمغ دانه ریحان مشاهده شد.

حجم یکی از ویژگی‌های مهم کیفی فراورده‌های نانوایی است که نشان‌دهنده ظرفیت خمیر برای نگهداری حباب‌های گاز و انعطاف پذیری آن است. Saldivar و همکاران (۲۰۱۴) آرد تریتیکاله را با آرد یک رقم گندم اسپانیایی مخلوط کردند و بالاترین حجم نان و بهترین خصوصیات فراورده هدف را با اختلاط نسبت ۲۰ به ۸۰ آرد تریتیکاله و گندم مشاهده نمودند. این محققان به این نتیجه رسیدند که اثر بهبوددهندگی آرد تریتیکاله ناشی از فعالیت آلفاآمیلازی بالای آن است که فعالیت پایین آلفاآمیلازی در آرد گندم را جبران می‌کند (Saldivar et al., 2014). Fras و همکاران (۲۰۱۶) و Pourmohammadi و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند آرد تریتیکاله استانداردهای تکنولوژیکی همانند گندم را دارا نیست و از طرفی چون دارای عوامل احیاکننده و پروتئازهای بیشتری نسبت به آرد گندم است، در صورت استفاده از سطوح بالای این آرد در محصولات نانوایی، ساختار بیش از حد تضعیف شده و توانایی حفظ و نگهداری حباب‌های هوا در بافت محصول کاهش می‌یابد که همین امر سبب کاهش حجم و تخلخل می‌شود (Fras et al., 2016; Pourmohammadi et al., 2011). Hejrani و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی اثر صمغ ریحان و بالنگوشیرازی بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نان بربری نیمپز منجمد پرداختند. در این پژوهش سطوح متفاوت صمغ بالنگوشیرازی و ریحان (صفر، ۰/۳ و ۰/۵ درصد) با ۰/۴ درصد صمغ گوار مقایسه گردید. نتایج این محققان نشان داد استفاده از صمغ‌های گیاهی ریحان و بالنگوشیرازی در مقایسه با صمغ گوار در افزایش حجم و تخلخل مؤثر بود. این محققان علت را افزایش ضخامت حباب‌های هوای تولید شده دانستند. به‌طوری که صمغ با افزایش ضخامت سلول‌های گازی مانع از پاره شدن آن‌ها طی فرایند تولید شد و انبساط این سلول‌ها طی فرایند تولید در افزایش حجم مؤثر بود (Hejrani et al., 2017). Ghorbani و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه‌ای به بررسی تأثیر صمغ ریحان و کتیرا بر بهبود کیفیت و ماندگاری دونات روغنی پرداختند. نتایج این پژوهشگران

حاکی از افزایش حجم مخصوص در نمونه‌های حاوی صمغ بود (Ghorbani et al., 2018). Fazeli و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی اثر صمغ‌های زانتان و گوار بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و بافتی دونات فاقد گلوتن پرداختند. این محققان گزارش کردند، هیدروکلوئیدها با ایجاد حالت ویسکوالاستیک و اعمال ویژگی‌های بین سطحی باعث افزایش تخلخل و حجم مخصوص دونات‌ها شدند (Fazeli et al., 2019). Salehi و همکاران (۲۰۱۷) نیز با بررسی اثر صمغ دانه ریحان بر ویژگی‌های خمیر و کیک برنجی نتایج مشابهی مبنی بر افزایش حجم در نتیجه افزودن صمغ دانه ریحان به فرمول محصول هدف گزارش کردند (Salehi et al., 2017).

نکته قابل توجهی که در این پژوهش مشاهده شد آن بود که عملکرد مثبت صمغ دانه ریحان در سطح ۱ درصد (به‌جز در نمونه حاوی ۳۰ درصد آرد تریتیکاله) کمتر از سطح ۰/۵ درصد بود و حتی در نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد گندم و نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد تریتیکاله سبب کاهش حجم مخصوص دونات شد. علت این امر را چنین می‌توان تفسیر نمود که با افزایش غلظت صمغ ریحان و با توجه به ثابت بودن میزان آب فرمولاسیون، بین گلوتن و صمغ ریحان در جذب آب رقابت ایجاد می‌شود و با افزایش غلظت صمغ، آب کافی جهت توسعه شبکه گلوتنی وجود نخواهد داشت لذا شبکه گلوتنی ضعیف شده و قدرت نگهداری گاز و همچنین میزان توسعه آن در حین تخمیر و سرخ کردن کاهش می‌یابد و در نتیجه آن کاهش حجم مخصوص نمونه‌های تولیدی مشاهده خواهد شد. همچنین صمغ اضافی با جذب بیش از حد آب و ممانعت از تبخیر بخشی از آب طی فرایند سرخ کردن، مانع از افزایش حجم وابسته به تبخیر شده و حجم مخصوص دونات را کاهش داده است. از طرفی تبخیر شدید آب، طی انتقال حرارت در فرآیند سرخ‌کردن، موجب ایجاد حفرات و منافذ غیرعادی در ماده غذایی می‌شود و ترکیبات هیدروکلوئیدی با کاهش ضریب انتقال حرارت و قابلیت نگهداری آب، شدت تبخیر آب را تحت تاثیر قرار می‌دهد. تبخیر شدید همچنین موجب چروکیدگی محصول و توسعه تخلخل و زبری سطحی می‌گردد (افزایش جذب روغن). تبخیر خیلی شدید می‌تواند منجر به تشکیل حفرات بزرگ‌تری نیز در سطح محصول گردد.



شکل ٤- اثر آرد تریتیکاله و صمغ دانه ریحان بر حجم مخصوص دونات‌های تولیدی

حروف مشابه از نظر آماری در سطح P<0.05 تفاوت معنی‌داری ندارند

Fig. 4. Effect of triticale flour and basil seed gum on the specific volume of produced doughnuts

Similar letters are not statistically significant at the level of P <0.05

بافت

جدول ۳ نتایج سفتی بافت دونات‌های تولیدی را در سه بازه زمانی بلافاصله پس از سرخ کردن و ۳ روز و یک هفته پس از تولید

نشان می‌دهد. نتایج به وضوح نشان داد نمونه شاهد (نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد گندم- فاقد صمغ دانه ریحان)، نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد تریتیکاله در هر دو سطح مصرفی صمغ دانه ریحان (۰/۵۰ و ۱ درصد) و نمونه حاوی ۳۰ درصد آرد تریتیکاله و ۱ درصد صمغ دانه ریحان از کمترین سفتی بافت در بازه زمانی ۲ ساعت پس از سرخ کردن برخوردار بودند. این در حالی بود که نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد گندم در حضور ۰/۵۰ درصد صمغ دانه ریحان و نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد تریتیکاله و ۱ درصد صمغ دانه ریحان طی یک هفته کمترین سفتی بافت را داشتند. به‌طور کل صمغ دانه ریحان در حفظ نرمی بافت طی یک هفته انبارمانی مشهود بود، زیرا تمام نمونه‌های حاوی صمغ نسبت به نمونه شاهد نرمتر بودند. لازم به ذکر است افزایش بیش از ۱۵ درصد آرد تریتیکاله در غیاب صمغ دانه ریحان سبب افزایش سفتی بافت دونات شد. بدین صورت که بافت نمونه حاوی ۳۰ درصد آرد تریتیکاله (فاقد صمغ) طی یک هفته ماندگاری دارای سفت‌ترین بافت در مقایسه با سایر نمونه‌ها بود. نکته قابل توجه آنست که بافت دونات حاوی ۱۵ درصد آرد تریتیکاله (فاقد صمغ دانه ریحان) نرمتر از بافت نمونه شاهد (حاوی ۱۰۰ درصد آرد گندم- فاقد صمغ دانه ریحان) بود.

جدول ۳- اثر آرد تریتیکاله و صمغ دانه ریحان بر سفتی بافت دونات در سه بازه زمانی ۲ ساعت، ۳ روز و یک هفته پس از تولید

Table 3- The effect of triticale flour and basil seed gum on the firmness of doughnuts texturein three time periods of 2 hours, 3 days and one week after production

تیمارها Treatments	سفتی بافت دونات doughnuts texture firmness (Newton) (نیوتن)		
	۲ ساعت 2 hours	۳روز 3 days	یک هفته 1 week
Control (100% wheat flour- no triticale flour and gum) شاهد (۱۰۰ درصد آرد گندم- فاقد آرد تریتیکاله و صمغ)	7.22 ±0.71[c]	10.83 ±1.26[bc]	19.58 ±0.85[b]
100% wheat flour+ 0.50% gum ۱۰۰ درصد آرد گندم+ ۰/۵۰ درصد صمغ	8.91 ±0.79[bc]	10.67 ±1.04bc	12.23 ±1.12[d]
100% wheat flour+ 1% gum ۱۰۰ درصد آرد گندم+ ۱ درصد صمغ	11.13 ±0.79[b]	12.71 ±1.25[b]	14.41 ±0.92[cd]
85% wheat flour+ 15% triticale flour ۸۵ درصد آرد گندم+ ۱۵ درصد آرد تریتیکاله	9.04 ±0.81[a]	17.34 ±1.12[a]	22.59 ±1.17[a]
70% wheat flour+ 30% triticale flour ۷۰ درصد آرد گندم+ ۳۰ درصد آرد تریتیکاله	15.63 ±1.65[a]	19.83 ±1.36[a]	11.91 ±1.02[d]
85% wheat flour+ 15% triticale flour+ 0.50 gum ۸۵ درصد آرد گندم+ ۱۵ درصد آرد تریتیکاله+ ۰/۵۰ صمغ	6.78 ±0.39[c]	8.36 ±1.18[c]	17.28 ±1.05[bc]
85% wheat flour+ 15% triticale flour+ 1% gum ۸۵ درصد آرد گندم+ ۱۵ درصد آرد تریتیکاله+ ۱ درصد صمغ	7.19 ±0.61[c]	10.33 ±0.57[bc]	25.09 ±1.13[a]
70% wheat flour+ 30% triticale flour+ 0.50 % gum ۷۰ درصد آرد گندم+ ۳۰ درصد آرد تریتیکاله+ ۰/۵۰ صمغ	11.40 ±0.94[b]	13.08 ±1.12[b]	19.18 ±0.98[b]
70% wheat flour+ 30% triticale flour+ 1% gum ۷۰ درصد آرد گندم+ ۳۰ درصد آرد تریتیکاله+ ۱ درصد صمغ	7.17 ±0.77[c]	12.48 ±1.09[b]	15.43 ±0.68[c]

حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح P<0.05 تفاوت معنی‌داری ندارند.

Similar letters in each column are not statistically significant at the level of P <0.05.

Saldivar و همکاران (۲۰۱۴) با جایگزینی آرد گندم با تریتیکاله در محصولات نانوایی گزارش کردند اثر بهبوددهندگی آرد تریتیکاله ناشی از فعالیت آلفاآمیلازی بالای این آرد نسبت به آرد گندم است که فعالیت پایین آلفاآمیلازی در آرد گندم را جبران می‌کند و اثر ضدبیاتی دارد (Saldivar et al., 2014). از طرفی Pourmohammadi و همکاران (۲۰۱۱) نیز گزارش کردند آرد تریتیکاله استانداردهای تکنولوژیکی همانند گندم را دارا نیست و از طرفی چون دارای عوامل احیاکننده و پروتئازهای بیشتری نسبت به آرد گندم است، در صورت استفاده از سطوح بالای این آرد در محصولات نانوایی، ساختار بیش از حد تضعیف شده که همین امر بر بافت محصول هدف اثر مخرب دارد (Pourmohammadi et al., 2011). Rajabi و Sheikholeslami و (۲۰۱۴) با بررسی اثر آرد تریتیکاله و صمغ کتیرا بر خواص کیفی و رئولوژی نان قالبی ترکیبی (گندم- تریتیکاله) نتایج مشابهی را مبنی بر تخریب بافت نان قالبی در سطوح بالای مصرف آرد تریتیکاله گزارش نمودند (Rajabi and Sheikholeslami, 2014). نمونه‌هایی که از رطوبت بیشتر در مدت زمانی نگهداری برخوردارند، دارای بافت

نرم‌تری می‌باشند. زیرا این نمونه‌ها به دلیل ترکیبات جاذب الرطوبه‌ای که در میان فرمولاسیون اولیه خود دارند نظیر صمغ دانه ریحان از مهاجرت سریع رطوبت از بافت درونی به پوسته جلوگیری می‌کنند و به عبارتی خروج رطوبت و از دست دادن آب که عامل اصلی بیاتی و سفت شدن بافت درونی محصولات نانوایی طی انبارمانی است، بسیار کند صورت گیرد. Siricho NworraNit و همکاران (۲۰۱۶) با جایگزینی آرد گندم با آرد برنج سیاه در دونات گزارش کردند با افزایش مقادیر آرد برنج سیاه، خاکستر، رطوبت و محتوی فیبر افزایش در حالی که چربی و مقادیر پروتئین کاهش یافت. همچنین با افزایش درصد آرد برنج سیاه سفتی و قابلیت جویدن دونات‌ها افزایش و پیوستگی و فنریت و حجم مخصوص کاهش یافت که در حضور صمغ در فرمول محصول نهایی به دلیل تقویت شبکه گلوتنی و کنترل خروج رطوبت طی فرایند سرخ کردن، بافت و نرمی آن بهبود یافت. Fazeli و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی اثر صمغ‌های زانتان و گوار بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و بافتی دونات فاقد گلوتن پرداختند (Fazeli et al., 2019). این محققان گزارش کردند، هیدروکلوئیدها با ایجاد حالت ویسکوالاستیک و اعمال ویژگی‌های بین سطحی باعث بهبود بافت دونات و افزایش نرمی آن در مقایسه با نمونه‌های فاقد صمغ شدند. Salehi و همکاران (۲۰۱۷) نیز با بررسی اثر صمغ دانه ریحان بر ویژگی‌های خمیر و کیک برنجی نتایج مشابهی مبنی بر کاهش سفتی بافت در نتیجه افزودن صمغ دانه ریحان به فرمول محصول هدف گزارش کردند. این محققان حضور صمغ دانه ریحان در فرمول محصول هدف را عاملی بر حفظ رطوبت طی مدت زمان ماندگاری و کاهش سرعت فرایند بیاتی دانستند (Salehi et al., 2017).

رنگ پوسته

جدول ۴ نشان‌دهنده شاخص‌های رنگی پوسته دونات است. همانطور که نتایج نشان می‌دهد نمونه حاوی ۸۵ درصد آرد گندم، ۱۵ درصد آرد تریتیکاله و ۰/۵ درصد صمغ دانه ریحان از بیشترین میزان L^* در مقایسه با سایر نمونه‌ها برخوردار بود (P<0.05).

جدول ٤- اثر آرد تریتیکاله و صمغ دانه ریحان بر مؤلفه‌های رنگی پوسته دونات (L^*a^*b)

Table 4- The effect of triticale flour and basil seed gum on the color components of doughnuts crust (L * a * b)

تیمارها Treatments	مؤلفه‌های رنگی پوسته دونات Doughnuts crust color components		
	L*	a^*	b^*
Control (100% wheat flour- no triticale flour and gum) شاهد (۱۰۰ درصد آرد گندم- فاقد آرد تریتیکاله و صمغ)	50.81±1.75[b]	12.38±1.03[cd]	21.89±3.01[a]
100% wheat flour+ 0.50% gum ۱۰۰ درصد آرد گندم+ ۰/۵۰ درصد صمغ	51.24±0.67[ab]	8.22±0.52[c]	21.64±0.58[a]
100% wheat flour+ 1% gum ۱۰۰ درصد آرد گندم+ ۱ درصد صمغ	50.75±0.99[b]	6.06±0.96[c]	21.77±0.90[a]
85% wheat flour+ 15% triticale flour ۸۵ درصد آرد گندم+ ۱۵ درصد آرد تریتیکاله	54.34±1.29[ab]	16.03±1.03[b]	21.29±1.74[a]
70% wheat flour+ 30% triticale flour ۷۰ درصد آرد گندم+ ۳۰ درصد آرد تریتیکاله	44.92±1.16[c]	19.33±0.45[a]	21.41±1.12[a]
85% wheat flour+ 15% triticale flour+ 0.50 gum ۸۵ درصد آرد گندم+ ۱۵ درصد آرد تریتیکاله+ ۰/۵۰ صمغ	55.27±1.77[a]	13.19±0.19[c]	21.68±1.99[c]
85% wheat flour+ 15% triticale flour+ 1% gum ۸۵ درصد آرد گندم+ ۱۵ درصد آرد تریتیکاله+ ۱ درصد صمغ	53.98±1.09[ab]	10.87±0.56[d]	20.97±2.08[a]
70% wheat flour+ 30% triticale flour+ 0.50 gum ۷۰ درصد آرد گندم+ ۳۰ درصد آرد تریتیکاله+ ۰/۵۰ صمغ	46.03±0.87[c]	13.11±0.45[c]	21.09±1.71[a]
70% wheat flour+ 30% triticale flour+ 1% gum ۷۰ درصد آرد گندم+ ۳۰ درصد آرد تریتیکاله+ ۱ درصد صمغ	45.59±2.61[c]	11.08±1.19[cd]	20.53±1.01[a]

حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح P<0.05 تفاوت معنی‌داری ندارند.

Similar letters in each column are not statistically significant at the level of P <0.05.

همچنین نتایج نشان می‌دهد در صورت استفاده از ۱۰۰ آرد گندم و مخلوط ۸۵ درصد آرد گندم و ۱۵ درصد آرد تریتیکاله به حداکثر ۰/۵۰ درصد صمغ دانه ریحان و در صورت استفاده از ۷۰ درصد آرد گندم و ۳۰ درصد آرد تریتیکاله به میزان ۱ درصد صمغ دانه ریحان جهت حصول بهترین نتیجه مؤلفه رنگی a^* نیاز بود. حضور ۱ درصد صمغ دانه ریحان در فرمول دونات سبب کاهش مؤلفه رنگی a^* شد.

تنها نمونه حاوی ۳۰ درصد آرد تریتیکاله و ۱ درصد صمغ دانه ریحان اثر منفی بر قرمزی رنگ پوسته دونات نداشت. لازم به ذکر است با وجود کاهش مؤلفه رنگی b^* در نتیجه افزایش سطح مصرفی آرد تریتیکاله در فرمول دونات، این کاهش در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار نبود که علنا حضور آرد تریتیکاله و صمغ دانه ریحان بر زردی رنگ پوسته دونات اثر نداشت.

از آنجا که در دونات منبع کربوهیدرات در دسترس است، حضور آنزیم آلفاآمیلاز در آرد تریتیکاله می‌تواند، بر رنگ پوسته اثر بگذارد که این تأثیر در نتیجه تولید دکسترین توسط این آنزیم و افزایش شدت واکنش مایلارد که اصلی‌ترین عامل در ایجاد رنگ پوسته است، می‌باشد (Rajabi & Sheikholeslami, 2014). اما افزایش بیش از حد این آنزیم در فرمولاسیون با تولید بیش از اندازه دکسترین ضمن ایجاد تیرگی باعث ایجاد چسبندگی و در نتیجه چروکیدگی سطح می شود که این امر در کاهش انعکاس نور و مؤلفه رنگی L^* مؤثر است. اثر آنزیم آمیلاز بر رنگ پوسته را می‌توان به علت اثر این آنزیم بر تجزیه نشاسته به دکسترین با وزن مولکولی کمتر و شرکت نمودن آن ها در واکنش مایلارد نسبت داد (Kim et al, 2006). Matuda و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند، افزودن آنزیم آمیلاز باعث افزایش رنگ پوسته محصولات نانوایی می‌شود که به دلیل آن به خاطر افزایش تشکیل قندهای ساده، همچنین اثر آن بر تجزیه پروتئین‌ها و تولید گروه‌های NH_2 دانستند که مواد در واکنش مایلارد شرکت می‌کنند و سبب تیره شدن رنگ این دسته از محصولات می‌شوند (Matuda et al., 2008). Purlis و Salvadori (۲۰۰۹) براساس یافته‌های پژوهش خود بیان نمودند که تغییرات سطح پوسته، مسئول روشنایی آن است و سطوح منظم و صاف نسبت به سطوح چین‌دار توانایی بیشتری در بهبود رنگ سطح محصول دارد (Purlis and Salvadori, 2009). بنابراین نمونه‌هایی که در آن‌ها تعادل بین سطح مصرفی صمغ دانه ریحان و آرد تریتیکاله برقرار است مانند نمونه حاوی ۸۵ درصد آرد گندم، ۱۵ درصد آرد تریتیکاله و ۰/۵ درصد صمغ دانه ریحان به دلیل سطح هموارتر در انعکاس نور و ایجاد درخشندگی سطحی موفق‌تر بوده است. در نمونه ذکر شده چند عامل منجر به بهبود خصوصیات سطحی و از طرفی افزایش مؤلفه L^* آن شده است. حضور صمغ دانه ریحان و در تعادل بودن میزان آن با سطح مصرفی آرد تریتیکاله ضمن حفظ رطوبت، ویژگی‌های بافتی نظیر تخلخل و میزان سفتی بافت را بهبود بخشیده از این رو با ایجاد ساختار مناسب و کاهش فشردگی بافت در ایجاد سطوح منظم و صاف در بهبود مؤلفه L^* نقش داشته است.

همچنین نتایج این بخش حاکی کاهش قرمزی دونات در نتیجه افزودن سطوح بالای صمغ به فرمول دونات (به‌جز نمونه حاوی ۳۰ درصد آرد تریتیکاله) بود. کاهش قرمزی پوسته دونات‌های حاوی سطوح بالای صمغ دانه ریحان را چنین می‌توان تفسیر نمود که افزایش حضور صمغ در فرمولاسیون دونات با افزایش حفظ رطوبت خمیر طی فرایند سرخ کردن جذب روغن را کاهش می‌دهد که این امر با توجه به ثابت بودن مدت زمان و دمای سرخ کردن مانع از تکمیل شدن فرایند سرخ کردن به دلیل رطوبت بالای خمیر شد (Rezaei, 2017). Fazeli و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند تغییر فرمولاسیون دونات از طریق کاهش جذب روغن و افزایش رطوبت خمیر منجر به کاهش رنگ نمونه تولیدی شد (Fazeli et al., 2019).

انتخاب بهترین نمونه

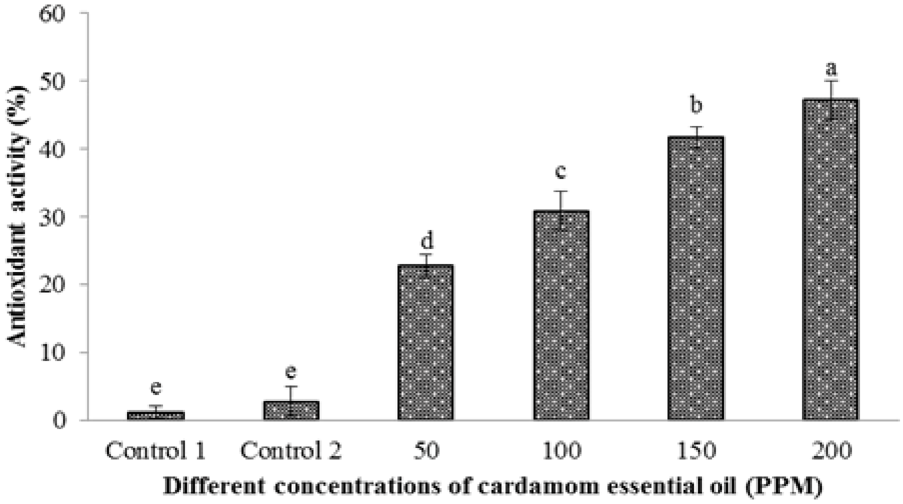
با توجه به نتایج به‌دست آمده از فاز اول، نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد تریتیکاله و ۰/۵۰ درصد صمغ دانه ریحان به دلیل ساختار مطلوب (نظیر بیشترین حجم و تخلخل و کمترین سفتی بافت) و کمترین محتوی روغن به‌عنوان بهترین نمونه انتخاب شد. در فاز دوم فعالیت آنتی‌اکسیدانی، تغییرات کپک و مخمر و ویژگی‌های حسی بهترین نمونه (نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد تریتیکاله و ۰/۵۰ درصد صمغ دانه ریحان) تحت تأثیر غلظت‌های متفاوت اسانس هل سبز (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ پی‌پی‌ام) بررسی شد. لازم به ذکر است در فاز دوم، دو نمونه به‌عنوان نمونه شاهد در نظر گرفته شدند. بدین صورت که نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد گندم (فاقد آرد تریتیکاله، صمغ دانه ریحان و اسانس هل سبز) به‌عنوان شاهد یک و بهترین نمونه فاز اول به‌عنوان شاهد دو لحاظ شد. علت این امر (در نظر گرفتن دو شاهد برای فاز دو)، بررسی اثر آرد تریتیکاله بر ویژگی‌های حسی و ارزیابی خصوصیات آنتی‌اکسیدانی این آرد در فرمول دونات در مقایسه با آرد گندم بود.

فعالیت آنتی‌اکسیدانی

شکل ۵ نشان‌دهنده اثر غلظت‌های متفاوت اسانس هل سبز (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ پی‌پی‌ام) بر درصد مهارکنندگی رادیکال آزاد در نمونه دونات‌های تولیدی بود. نتایج به وضوح نشان داد، اسانس هل سبز در تمامی غلظت‌های مصرفی دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی بودند و افزایش غلظت اسانس هل سبز نیز منجر به افزایش درصد مهارکنندگی رادیکال آزاد شد. همچنین نتایج نشان داد، نمونه شاهد دو (نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد تریتیکاله، ۰/۵۰ درصد صمغ دانه ریحان و فاقد اسانس هل) نسبت نمونه شاهد دو (نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد تریتیکاله، ۰/۵۰ درصد صمغ دانه ریحان و فاقد اسانس هل) دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی بیشتری بود که البته تفاوت

درصد مهارکنندگی رادیکال آزاد این دو نمونه در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار نبود. در این راستا Ghushji (۲۰۰۰) و Mohtarami و Talebi (۲۰۲۱) گزارش کردند که تریتیکاله منبعی از پروآنتوسیانیدین، لیگنان‌ها و اسیدهای فنولیک است که می‌تواند بر افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی این غله در مقایسه با گندم نقش داشته باشد (Ghushji, 2000; Mohtarami and Talebi, 2021).

Noshad و Alizadeh Behbahani (۲۰۱۹) براساس مطالعات خود به توانایی اسانس هل سبز در مهار رادیکال‌های آزاد اشاره نمودند. همچنین Hinneburg و همکاران (۲۰۰۶) ترکیبات فنولی موجود در هل سبز را عاملی مؤثر بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی این گیاه که به عنوان چاشنی انواع غذاهاست، دانستند. Nair و همکاران (۱۹۹۸) در هندوستان با فعالیت آنتی‌اکسیدانی هل، گزارش کردند سطوح متوسطی از ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در هل وجود دارد. Khalaf و همکاران (۲۰۰۸) فعالیت آنتی‌اکسیدانی هل سبز را ۶۸۱/۵ میکروگرم بر میلی‌لیتر گزارش کردند که این مقدار در مقایسه با اسیداسکوربیک (نمونه شاهد) دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی کمتری بود. کوئرستین موجود در هل می‌تواند در فعالیت آنتی‌اکسیدانی مؤثر باشد. کوئرستین به دلیل داشتن دو گروه هیدروکسیل مجاور باعث افزایش قدرت احیاکنندگی و در نتیجه، افزایش قدرت آنتی‌اکسیدانی هل می‌شود (Noshad &Alizadeh Behbahani, 2019).



شکل ۵- اثر سطوح متفاوت اسانس هل بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی دونات‌های تولیدی

حروف مشابه از نظر آماری در سطح **P<0.05** تفاوت معنی‌داری ندارند

Fig. 5. The effect of different levels of cardamom essential oil on the antioxidant activity of produced doughnuts.
Similar letters are not statistically significant at the level of P <0.05

تغییرات کپک و مخمر

جدول ۵ نشان‌دهنده اثر غلظت‌های متفاوت اسانس هل سبز (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ پی‌پی‌ام) و زمان (صفر، ۳، ۶، ۹، ۱۲ و ۱۵ روز) بر میزان رشد کپک و مخمر است. نتایج نشان داد، اسانس هل سبز و افزایش غلظت آن بر تغییرات کپک و مخمر دونات‌های تولیدی در طول زمان اثر داشت. بدین صورت که غلظت ۲۰۰ پی‌پی‌ام اسانس هل سبز بیشترین خواص ضدمیکروبی را نسبت به سایر غلظت‌های اسانس (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ پی‌پی‌ام) داشت. همچنین نتایج حاکی آن بود که بیشترین رشد کپک و مخمر در نمونه شاهد از روز سوم به بعد بود، این در حالی است که فعالیت کپک و مخمر در نمونه های حاوی ۱۵۰ و ۲۰۰ پی‌پی‌ام اسانس هل سبز در روز ششم مشاهده نشد. نکته قابل توجه آنست که روند رشد کپک و مخمر در نمونه شاهد دو (نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد تریتیکاله، ۰/۵۰ درصد صمغ دانه ریحان و فاقد اسانس هل) نسبت به شاهد یک (نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد گندم و فاقد آرد تریتیکاله، صمغ دانه ریحان و اسانس هل) مقداری کندتر بود که این امر می‌تواند تحت تأثیر ترکیبات فنولی موجود در آرد تریتیکاله باشد. لازم به ذکر است با وجود مشاهده اختلاف در میزان رشد کپک و مخمر، این دو نمونه از لحاظ آماری (P<0.05) تفاوت معنی‌داری نداشتند که به احتمال زیاد در نمونه‌های حاوی بیش از ۱۵ درصد آرد تریتیکاله امکان مشاهده تغییرات معنی‌دار در روند رشد کپک و مخمر در مقایسه با شاهد یک وجود دارد.

جدول ۵- اثر سطوح متفاوت اسانس هل بر رشد کپک و مخمر دونات‌های تولیدی طی مدت زمان نگهداری بر حسب $log\ cfu\ g^{-1}$

Table 5- The effect of different levels of cardamom essential oil on the growth of mold and yeast in doughnuts produced during storage according to log cfu g-1

زمان نگهداری (روز) Shelf life (days)			تیمارها Treatments
6	3	0	
5.94±0.34[a]	3.49±1.17[a]	-	Control 1 (no triticale flour-basil gum and cardamom essential oil) شاهد یک (فاقد آرد تریتیکاله- صمغ ریحان و اسانس هل)
3.97±0.66[b]	3.12±0.29[a]	-	Control 2 (15% triticale flour and 0.50% basil gum) شاهد دو (۱۵ درصد آرد تریتیکاله و ۰/۵۰ درصد صمغ ریحان)
2.45±1.24[bc]	2.31±0.06[ab]	-	15% triticale flour+ 0.50% gum+ 50 ppm essential oil ۱۵ درصد آرد تریتیکاله+ ۰/۵۰ درصد صمغ+ ۵۰ پی پی ام اسانس
2.19±0.11[c]	1.08±0.27[bc]	-	15% triticale flour + 0.50% gum + 100 ppm essential oil ۱۵ درصد آرد تریتیکاله+ ۰/۵۰ درصد صمغ+ ۱۰۰ پی‌پی‌ام اسانس
-	-	-	15% triticale flour + 0.50% gum +150 ppm essential oil ۱۵ درصد آرد تریتیکاله+ ۰/۵۰ درصد صمغ+ ۱۵۰ پی‌پی‌ام اسانس
-	-	-	15% triticale flour + 0.50% gum + 200 ppm essential oil ۱۵ درصد آرد تریتیکاله+ ۰/۵۰ درصد صمغ+ ۲۰۰ پی‌پی‌ام اسانس
زمان نگهداری (روز) Shelf life (days)			تیمارها Treatments
15	12	9	
8.11±0.74[a]	6.82±0.04[a]	6.26±0.27[a]	Control 1 (no triticale flour-basil gum and cardamom essential oil) شاهد یک (فاقد آرد تریتیکاله- صمغ ریحان و اسانس هل)
7.85±0.37[a]	6.76±1.19[a]	5.95±1.04[a]	Control 2 (15% triticale flour and 0.50% basil gum) شاهد دو (۱۵ درصد آرد تریتیکاله و ۰/۵۰ درصد صمغ ریحان)
6.73±0.15[a]	5.21±0.16[ab]	3.10±0.07[b]	15% triticale flour+ 0.50% gum+ 50 ppm essential oil ۱۵ درصد آرد تریتیکاله+ ۰/۵۰ درصد صمغ+ ۵۰ پی‌پی‌ام اسانس
3.97±0.26[b]	3.07±0.09[bc]	3.01±1.12[b]	15% triticale flour+ 0.50% gum+ 100 ppm essential oil ۱۵ درصد آرد تریتیکاله+ ۰/۵۰ درصد صمغ+ ۱۰۰ پی‌پی‌ام اسانس
3.81±0.70[b]	3.43±1.4[bc]	1.44±0.06[c]	15% triticale flour+ 0.50% gum+ 150 ppm essential oil ۱۵ درصد آرد تریتیکاله+ ۰/۵۰ درصد صمغ+ ۱۵۰ پی‌پی‌ام اسانس
2.94±0.61[b]	2.05±0.34[c]	1.17±1.02[c]	15% triticale flour+ 0.50% gum+ 200 ppm essential oil ۱۵ درصد آرد تریتیکاله+ ۰/۵۰ درصد صمغ+ ۲۰۰ پی‌پی‌ام اسانس

حروف مشابه در هر ستون (مربوط به زمان نگهداری) از نظر آماری در سطح $P<0.05$ تفاوت معنی‌داری ندارند.

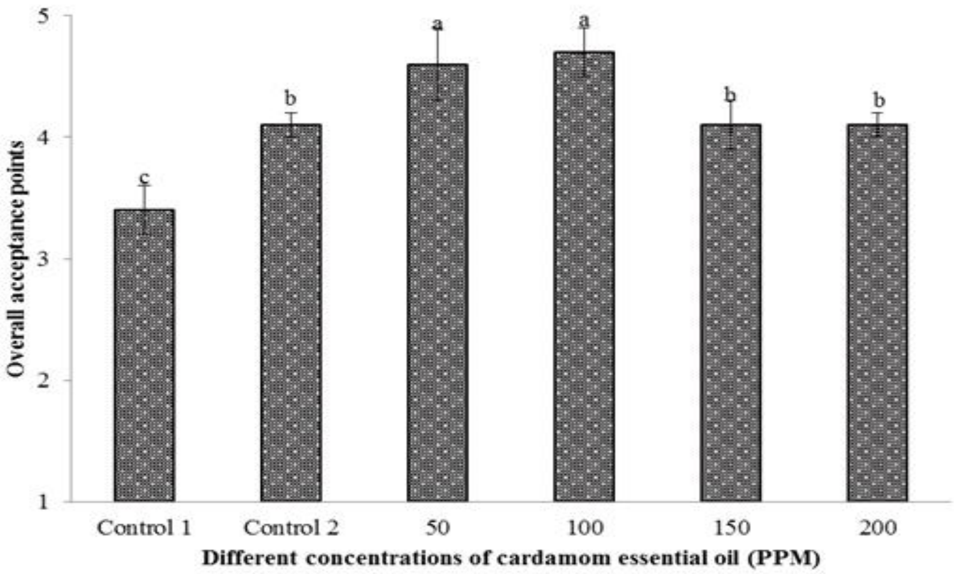
Similar letters in each column (related to storage time) were not statistically significant at the level of $P<0.05$.

آرد تریتیکاله نیز به‌عنوان منبع پروآنتیوسیانیدین، لیگنان‌ها و اسیدهای فنولیک مشخص شده است (Zannini & Elke, 2013). ترکیبات فنولیک یا گروه هیدروکسیل آزاد به‌عنوان فعال‌ترین ترکیبات ضدمیکروبی شناخته شده‌اند (Tabatabaei-Yazdi et al., 2019). Safaei Borj و همکاران (۲۰۱۴) گزارش کردند حضور زنجبیل در کلوچه سنتی سبزوار با به تأخیر انداختن رشد کپک ارتباط مستقیم داشت که علت این امر می‌تواند به دلیل ترکیبات فنولی و پلی فنولی در زنجبیل باشد. بر اساس پژوهش Gandomi و همکاران (۲۰۰۹) یک اسانس زمانی یک جلوگیری کننده از رشد مثبت تلقی می‌شود که شکل‌گیری عامل مورد نظر تا ۵۰ درصد کاهش پیدا کند. در پژوهش حاضر اسانس هل سبز در تمام غلظت ها حتی در غلظت ۵۰ پی‌پی‌ام توانست شکل‌گیری کپک و مخمر در دونات ترکیبی بر پایه آرد گندم و تریتیکاله که یکی از اهداف اصلی این تحقیق و در عین حال هدف کاربردی در این پژوهش بود را کاهش دهد، هرچند که هیچ کدام از غلظت‌ها نتوانستند به‌طور کامل از رشد کپک در محصول هدف جلوگیری کنند. لازم به ذکر است در غلظت‌های بیش از ۵۰ پی‌پی‌ام اسانس هل سبز، کاهش بار قارچی بیش از ۵۰ درصد بود. در مجموع بار قارچی نمونه دونات‌های تولیدی در غلظت ۵۰ و ۲۰۰ پی‌پی‌ام در مقایسه با شاهد یک به‌ترتیب ۱۷/۰۲ و ۶۳/۷۵ درصد کاهش یافت. این در حالی است که بار قارچی نمونه دونات‌های تولیدی در غلظت ۵۰ و ۲۰۰ پی‌پی‌ام در مقایسه با شاهد دو به‌ترتیب ۱۴/۲۷ و ۶۲/۵۵ درصد کاهش یافت. این امر نشان‌دهنده آن است که در غلظت‌های بیش از ۵۰ پی‌پی‌ام، اسانس هل سبز می‌تواند به‌عنوان یک عامل ضدمیکروبی و جلوگیری کننده از رشد مثبت تلقی شود. روند کاهشی بار قارچی نمونه دونات‌های تولیدی در غلظت ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ پی‌پی‌ام به‌ترتیب ۵۱/۰۵، ۵۳/۰۳ و ۶۳/۷۵ درصد بود. Husain و Ali

(۲۰۱۴) در بررسی اثر ضدمیکروبی اسانس هل سبز بر تعدادی از سویه‌های باکتریایی و قارچی، نشان دادند اسانس هل سبز اثر ضدمیکروبی بالایی بر تمامی میکروارگانیسم‌های مورد بررسی داشتند. براساس نتایج آنالیز شیمیایی اسانس هل سبز مشخص گردید ترکیبات Eucalyptol، ۲-Terpinenylacetate، a-Terpineola، Linalool و Sabinene از ترکیبات اصلی تشکیل‌دهنده اسانس هستند و این ترکیبات به همراه دیگر ترکیبات با ماهیت فنولیک یا گروه هیدروکسیل آزاد همگی به‌عنوان عوامل ضدمیکروبی شناخته شده اند (Noshad & Alizadeh Behbahani, 2019). ترکیبات فنلی اسانس در لایه فسفولیپید غشای سلول گیاه ساخته شده و هرچقدر میزان این ترکیبات فنلی در اسانس بیشتر باشد، اثر ضدمیکروبی اسانس نیز بیشتر خواهد بود (Singh et al., 2002). El Malti و همکاران (۲۰۰۷)، Kaushik و همکاران (۲۰۱۰) و Kubo و همکاران (۱۹۹۱) نیز نتایج مشابهی مبنی بر اثر ضدمیکروبی هل سبز گزارش کردند.

ویژگی‌های حسی

جدول ۶ نشان‌دهنده ویژگی‌های حسی نمونه‌های دونات و شکل ۵ نشان‌دهنده پذیرش کلی آن‌هاست. همانطور که نتایج نشان داد حضور اسانس هل و افزایش غلظت آن بر فرم و شکل و پوسته، بافت، پوکی و تخلخل و قابلیت جویدن نمونه دونات‌های تولیدی اثر معنی‌داری (P<0.05) نداشت. لازم به ذکر است امتیاز بافت، قابلیت جویدن و پوکی و تخلخل و بو و مزه شاهد دو (نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد تریتیکاله، ۰/۵۰ درصد صمغ دانه ریحان و فاقد اسانس هل) بیش از شاهد یک (نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد گندم و فاقد آرد تریتیکاله، صمغ دانه ریحان و اسانس هل) بود. این در حالی بود که امتیاز پوسته و فرم و شکل هر دو نمونه شاهد مشابه بود و این دو نمونه به لحاظ ویژگی‌های ظاهری با یکدیگر اختلاف معنی‌داری (P<0.05) که منجر به امتیازدهی نابرابر شود، نداشتند. در بین نمونه‌های شاهد (یک و دو)، نمونه‌ای که بافت بهتری داشت از عطر و طعم بهتری نیز برخوردار بود که این امر بدان دلیل است که رهایش عطر و مزه در نمونه‌ها با بافت بهتر، بیشتر اتفاق می‌افتد. Koliandris و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند درک بو و مزه و رهایش مواد مولد آن‌ها بستگی به نوع بافت نمونه دارد و در بافت‌هایی که پیوستگی بیشتر است و بافت خوشایند مصرف‌کننده یا ارزیابان چشایی است، درک بو و مزه بیشتر است (Koliandris et al., 2008).



شکل ۵- اثر سطوح متفاوت اسانس هل بر امتیاز پذیرش کلی دونات‌های تولیدی

حروف مشابه از نظر آماری در سطح P<0.05 تفاوت معنی‌داری ندارند

Fig. 5. The effect of different levels of cardamom essential oil on the overall acceptance score of produced doughnuts

Similar letters are not statistically significant at the level of P <0.05

جدول ٦- اثر سطوح متفاوت اسانس هل بر ویژگی‌های حسی دونات‌های تولیدی

Table 6- The effect of different levels of cardamom essential oil on the sensory properties of produced doughnuts

Sensory properties ویژگی‌های حسی	Treatments تیمارها

	Form and shape فرم و شکل	Crust پوسته	Porosity پوکی و تخلخل
Control 1 (no triticale flour-basil gum and cardamom essential oil) شاهد یک (فاقد آرد تریتیکاله-صمغ ریحان و اسانس هل)	4.40± 0.56[a]	4.20± 0.71[a]	3.40± 0.81[b]
Control 2 (15% triticale flour and 0.50% basil gum) شاهد دو (۱۵ درصد آرد تریتیکاله و ۰/۵۰ درصد صمغ ریحان)	4.60± 0.62[a]	4.20± 0.66[a]	4.60± 0.62[a]
15% triticale flour+ 0.50% gum+ 50 ppm essential oil ۱۵ درصد آرد تریتیکاله+ ۰/۵۰ درصد صمغ+ ۵۰ پی‌پی‌ام اسانس	4.20± 0.71[a]	4.60± 0.74[a]	4.43± 0.77[a]
15% triticale flour+ 0.50% gum+ 100 ppm essential oil ۱۵ درصد آرد تریتیکاله+ ۰/۵۰ درصد صمغ+ ۱۰۰ پی‌پی‌ام اسانس	4.37± 0.67[a]	4.23± 0.82[a]	4.43± 0.77[a]
15% triticale flour+ 0.50% gum+ 150 ppm essential oil ۱۵ درصد آرد تریتیکاله+ ۰/۵۰ درصد صمغ+ ۱۵۰ پی‌پی‌ام اسانس	4.40± 0.72[a]	4.43± 0.77[a]	4.20± 0.71[a]
15% triticale flour+ 0.50% gum+ 200 ppm essential oil ۱۵ درصد آرد تریتیکاله+ ۰/۵۰ درصد صمغ+ ۲۰۰ پی‌پی‌ام اسانس	4.30± 0.77[a]	4.20± 0.71[a]	4.40± 0.56[a]

Treatments تیمارها	**Sensory properties** ویژگی‌های حسی		
	Firmness and softness سفتی و نرمی بافت	**Chewiness** قابلیت جویدن	**Odor and taste** بو و مزه
Control 1 (no triticale flour-basil gum and cardamom essential oil) شاهد یک (فاقد آرد تریتیکاله-صمغ ریحان و اسانس هل)	3.80± 0.71[b]	3.30± 0.64[c]	3.30± 0.98[c]
Control 2 (15% triticale flour and 0.50% basil gum) شاهد دو (۱۵ درصد آرد تریتیکاله و ۰/۵۰ درصد صمغ ریحان)	4.37± 0.72[a]	4.20 ±0.98[b]	4.20± 0.71[b]
15% triticale flour+ 0.50% gum+ 50 ppm essential oil ۱۵ درصد آرد تریتیکاله+ ۰/۵۰ درصد صمغ+ ۵۰ پی‌پی‌ام اسانس	4.80± 0.77[a]	4.60± 0.79[ab]	4.60± 0.62[ab]
15% triticale flour + 0.50% gum + 100 ppm essential oil ۱۵ درصد آرد تریتیکاله+ ۰/۵۰ درصد صمغ+ ۱۰۰ پی‌پی‌ام اسانس	4.43± 0.40[a]	4.80± 0.40[a]	4.80± 0.41[a]
15% triticale flour+ 0.50% gum+ 150 ppm essential oil ۱۵ درصد آرد تریتیکاله+ ۰/۵۰ درصد صمغ+ ۱۵۰ پی‌پی‌ام اسانس	4.60± 0.77[a]	4.20± 0.76[b]	4.20± 0.66[b]
15% triticale flour+ 0.50% gum+ 200 ppm essential oil ۱۵ درصد آرد تریتیکاله+ ۰/۵۰ درصد صمغ+ ۲۰۰ پی‌پی‌ام اسانس	4.43± 0.62[a]	4.20 ±0.63[b]	4.20± 0.71[b]

حروف مشابه در هر ستون از نظر آماری در سطح $P<0.05$ تفاوت معنی‌داری ندارند.
Similar letters in each column are not statistically significant at the level of $P <0.05$.

Boland و همکاران (۲۰۰۴) این امر را به طریق دیگری توجیه کردند و اعتقاد داشتند برهمکنش‌های بین مواد مولد بو و مزه در محصولات با بافت و ساختار مناسب بهتر اتفاق افتاده است که این امر منجر به افزایش احساس دهانی خوب و رهایش هرچه بیشتر مواد طعم‌زا می‌شود (Boland et al., 2004). همچنین نتایج حاکی از آن بود که اسانس هل به شدت بر امتیاز بو و مزه نمونه‌ها تأثیرگذار بود. بدین صورت که امتیاز بو و مزه دونات‌های تولیدی تا غلظت ۱۰۰ پی پی‌ام اسانس هل روند صعودی و پس از آن روند نزولی را طی کرد و در نهایت بیشترین امتیاز بو و مزه به نمونه حاوی ۱۰۰ پی‌پی‌ام اسانس هل و کمترین امتیاز بو و مزه به نمونه حاوی ۲۰۰ پی‌پی‌ام اسانس تعلق گرفت و حتی امتیاز بو و مزه نمونه حاوی ۲۰۰ پی‌پی‌ام اسانس هل از هر دو نمونه شاهد (نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد گندم و فاقد آرد تریتیکاله، صمغ دانه ریحان و اسانس هل و نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد تریتیکاله، ۰/۵۰ درصد صمغ دانه ریحان و فاقد اسانس هل) کمتر بود. در نهایت می‌توان گفت نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد تریتیکاله، ۰/۵۰ درصد صمغ دانه ریحان و ۱۰۰ پی پی ام اسانس هل از بیشترین امتیاز پذیرش کلی برخوردار بود و این نمونه به‌عنوان بهترین نمونه این پژوهش به لحاظ ویژگی‌های حسی معرفی می گردد.

نتیجه‌گیری

این تحقیق با هدف تولید دونات فراسودمند کم‌چرب با کیفیت و طعم مطلوب انجام شد. نتایج این تحقیق نشان داد با جایگزینی ۱۵ درصد آرد گندم با آرد تریتیکاله در حضور ۰/۵۰ درصد صمغ دانه

ریحان در فرمولاسیون دونات می‌توان نمونه‌ای با محتوی روغن و سفتی بافت کمتر و حجم و تخلخل بیشتر در مقایسه با نمونه حاوی ۱۰۰ درصد آرد گندم تولید نمود. همچنین نتایج این پژوهش حاکی از آن بود که بهترین نمونه به لحاظ بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی و کاهش رشد کپک و مخمر نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد تریتیکاله، ۰/۵۰ درصد صمغ دانه ریحان و ۲۰۰ پی‌پی‌ام اسانس هل است. اما نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد تریتیکاله، ۰/۵۰ درصد صمغ دانه ریحان و ۱۰۰ پی‌پی‌ام اسانس هل از بیشترین امتیاز ویژگی‌های حسی، کمترین میزان محتوی روغن و سفتی بافت، بیشترین حجم و تخلخل برخوردار بود و این نمونه به عنوان بهترین نمونه این پژوهش معرفی می‌گردد.

منابع

1. .Larrauri, J. A., Sánchez-Moreno, C., & Saura-Calixto, F. (1998). Effect of temperature on the free radical scavenging capacity of extracts from red and white grape pomace peels. *Journal of agricultural and food chemistry*, *46*(7), 2694-2697. https://doi.org/10.1021/jf980017p.
2. American Association of Cereal Chemists. Approved Methods Committee. (2000). Approved methods of the American association of cereal chemists (Vol. 1). Amer Assn of Cereal Chemists.
3. Azuma, J. I., & Sakamoto, M. (2003). Cellulosic hydrocolloid system present in seed of plants. *Trends in Glycoscience and Glycotechnology*, *15*(81), 1-14. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.09.015.
4. Boland, A. B., Buhr, K., Giannouli, P., & van Ruth, S. M. (2004). Influence of gelatin, starch, pectin and artificial saliva on the release of 11 flavour compounds from model gel systems. *Food chemistry*, 86(3), 401-411. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.09.015.
5. El Malti, J., Mountassif, D., & Amarouch, H. (2007). Antimicrobial activity of Elettaria cardamomum: Toxicity, biochemical and histological studies. *Food chemistry*, 104(4), 1560-1568. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.02.043.
6. Fazeli, A., Mazaheri-Tehrani, M., Karimi, M., Sadeghian, A., & Koocheki, A. (2019). The Effect of Xanthan, Guar and Transglutaminase on the Physicochemical and Textural Properties of Gluten-free Doughnut. *Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology*, *8*(1), 1-14. DOI: 10.22101/JRIFST.2019.04.30.811.
7. Fraś, A., Gołębiewska, K., Gołębiewski, D., Mańkowski, D. R., Boros, D., & Szecówka, P. (2016). Variability in the chemical composition of triticale grain, flour and bread. *Journal of Cereal Science*, 71, 66-72. https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.06.016.
8. Funami, T., Funami, M., Tawada, T., & Nakao, Y. (1999). Decreasing oil uptake of doughnuts during deep-fat frying using curdlan. *Journal of Food Science*, 64(5), 883-888. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1999.tb15933.x
9. Gandomi, H., Misaghi, A., Basti, A. A., Bokaei, S., Khosravi, A., Abbasifar, A., & Javan, A. J. (2009). Effect of *Zataria multiflora* Boiss. Essential oil on growth and aflatoxin formation by Aspergillus flavus in culture media and cheese. *Food and chemical toxicology*, *47*(10), 2397-2400. DOI: 10.1016/j.fct.2009.05.024.
10. Ghorbani, M., Sheikhalaslami, Z., & Arianpour, A. (2018). The effect of basil and tragacanth gums on quality and shelf life of doughnut. *Journal of Food Research*, *28*(3), 139-151.
11. Ghushji, F. (2000). Triticale: The first man-made grain. Carno Express, Tehran.
12. Hejrani, T., Sheikholeslami, Z., Mortazavi, A., & Davoodi, M. G. (2017). The properties of part baked frozen bread with guar and xanthan gums. *Food Hydrocolloids*, *71*, 252-257. DOI:10.1016/j.foodhyd.2016.04.012.
13. Hinneburg, I., Dorman, H. D., & Hiltunen, R. (2006). Antioxidant activities of extracts from selected culinary herbs and spices. *Food chemistry*, *97*(1), 122-129. http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.03.028.
14. Husain, S. S., & Ali, M. (2014). Analysis of volatile oil of the fruits of *Elettaria cardamomum* (L.) Maton and its antimicrobial activity. *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences (WJPPS)*, *3*(2), 1798-1808.
15. Jalali, M., Sheikholeslami, Z., Elhamirad, A. H., Khodaparast, M. H. H., & Karimi, M. (2019). The effect of balangu shirazi (*lallemantia royleana*) gum on the quality of gluten-free pan bread containing pre-gelatinized simple corn flour with microwave. *Carpathian Journal of Food Science & Technology*, *11*(2). https://doi.org/10.34302/crpjfst/2019.11.2.6.
16. Kante-Traore, H., Sawadogo-Lingani, H., Parkouda, C., Samadoulougou–Kafando, J. P., and Dicko, M. H. (2018). Mango doughnuts technology process for innovative prevention of post-harvest loss of mango fruits in Burkina Faso. *African Journal of Food Science*, 12(4), 63-72.
17. Kaushik, P., Goyal, P., Chauhan, A., & Chauhan, G. (2010). In vitro evaluation of antibacterial potential of dry fruitextracts of Elettaria cardamomum Maton (*Chhoti Elaichi*). *Iranian journal of pharmaceutical research: IJPR*, *9*(3), 287.
18. Khalaf, N. A., Shakya, A. K., Al-Othman, A., El-Agbar, Z., & Farah, H. (2008). Antioxidant activity of some common plants. *Turkish Journal of Biology*, *32*(1), 51-55.

19. Khorsand, M., Aliabadi, M., & Jarrahiferiz, J. (2018). The Effect of Adding Flour Soy and Lentil to Doughnut on its Physicochemical Properties. *Research and Innovation in Food Science and Technology*, *7*(2), 197-212. DOI:10.22101/JRIFST.2018.07.17.726.
20. Kim, J. H., Maeda, T., & Morita, N. (2006). Effect of fungal α-amylase on the dough properties and bread quality of wheat flour substituted with polished flours. *Food Research International*, *39*(1), 117-126.
21. Kim, J., Choi, I., Shin, W. K., & Kim, Y. (2015). Effects of HPMC (Hydroxypropyl methylcellulose) on oil uptake and texture of gluten-free soy donut. *LWT-food Science and Technology*, *62*(1), 620-627.
22. Koliandris, A., Lee, A., Ferry, A. L., Hill, S., & Mitchell, J. (2008). Relationship between structure of hydrocolloid gels and solutions and flavour release. *Food Hydrocolloids*, *22*(4), 623-630.
23. Kubo, I., Himejima, M., & Muroi, H. (1991). Antimicrobial activity of flavor components of cardamom *Elettaria cardamomum* (Zingiberaceae) seed. *Journal of agricultural and food chemistry*, *39*(11), 1984-1986.
24. Kwinda, O., Onipe, O. O., & Jideani, A. I. (2018). The effect of oat bran and psyllium husk fibre on oil reduction and some physicochemical properties of magwinya–a deep-fried dough. *CyTA-Journal of Food*, *16*(1), 247-254.
25. Li, W., Cui, S. W. and Kakuda, Y. (2006). Extraction, fractionation, structural and physical characterization of wheat ßglucans. *Journal of Carbohydrate polymer*, 63: pp, 408-416. DOI:10.1016/j.carbpol.2005.09.025.
26. Lim, S. M., Kim, J., Shim, J. Y., Imm, B. Y., Sung, M. H., and Imm, J. Y. (2012). Effect of poly-γ-glutamic acids (PGA) on oil uptake and sensory quality in doughnuts. Food Science and Biotechnology, 21(1), 247-252.
27. Makinen, O.E. and Arendt, E. K. (2012). Oat malt as baking ingredient a comparative study of impact of oat, barley and wheat malts on bread and dough properties. *Journal of Cereal Science*, 56: 753-747.
28. Matuda, T. G., Chevallier, S., Filho, P. A., Lebail, A. and Tadini, C. (2008). Impact of guar and xanthan gums on proofing and calorimetric parameters of frozen bread dough. *Journal of Cereal Science*. 48: 741-746. DOI:10.1016/j.jcs.2008.04.006.
29. Mohtarami, F., & Talebi, A. (2021). The Effect of Triticale Flour and Betaglucan on Physicochemical, Textural and Sensory Properties of Barbari Bread. *Journal of food science and technology (Iran)*, *18*(113), 351-361. DOI:10.29252/fsct.18.04.28.
30. Mortazavi, A., & Yousefzadeh Sani, S. (2017). Evaluation of the effect of adding basil and xanthan gums and ultrasonic treatment and oil content and quality properties of chicken nuggets. *Journal of Innovation in Food Science and Technology*, 9(1), 71-80.
31. Nair, S., Nagar, R. and Gupta, R. (1998). Antioxidant phenolics and flavonoids in common Indian foods. *The Journal of Assoc Physicians India*, 46(8): 798-710. PMID: 11229280.
32. Najaf Najafi, M., Hadad, K. M. H., Rajabzadeh, N., & Mortazavi, S. (2008). Study on the possibility of using a mixture of rye and wheat flour in making Iranian Barbary bread. *Journal of Food Science and Technology*, 5(16), 21-28.
33. Noshad, M., & Behbahani, B. A. (2019). Identification of chemical compounds, antioxidant activity, and antimicrobial effect of Elettaria cardamomum essential oil on a number of pathogenic microorganisms in vitro. *Qom University of Medical Science Journal*, 13(2), 57-69. DOI: 10.29252/qums.13.2.57.
34. Pourhaji, F., Karimi, M., Tavakoli pour, H., Sheikholeslami, Z. (2011). Effect of green tea extract and ascorbic acid on chemical and organoleptic properties and colour of doughnut. *Food Processing and Preservation Journal*, 4 (2): 29-43.
35. Pourmohammadi, K., Aalami, M., Shahedi, M., & Sadeghi Mahoonak, A. R. (2011). Effects of microbial transglutaminase on the quality of wheat bread supplemented with hull-less barley flour. *Electronic Journal of Food Processing and Preservation*, *2*(2), 81-98.
36. Purlis, E., & Salvadori, V. O. (2009). Modelling the browning of bread during baking. *Food research international*, *42*(7), 865-870. DOI:10.1016/j.foodres.2009.03.007.
37. Quasem, J. M. Mazahreh, S. A., Abu-Alruz, K, Afaneh, I. A., Al-Muhtaseb, A. H. and Magee, T. R. A. (2009). Effect of methyl cellulose coating and pre-treatment on oil uptake, moisture retention and physical properties of deep-fat fried starchy dough system. *American Journal of Agriculture and Biological Science*, 4: 156-166. DOI:10.3844/ajabssp.2009.156.166.
38. Rajabi Ahmad Abad, H., Sheikholeslami, Z. (2014). Effect of tortilla flour and tragacanth gum on quality properties and rheology of mixed bread (wheat-triticale). Third National Conference on Food Science and Industry, Ghuchan, Iran.
39. Rezaei, N. (2017). Investigating the possibility of reducing the amount of fried donut oil using a paste coating based on pre-gel starch and two hydrocolloids. Faculty of AgricultureR. Islamic Azad University of Isfahan (Khorasgan) Branch, Isfahan, Iran.
40. Sabbaghi, H. (2021). Application of hydrocolloid compounds (xanthan and carboxymethylcellulose) in doughnut formulation for reducing oil uptake. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 18:1. DOI:10.22067/ifstrj.v18i1.87648.

41. Sabbaghi, H., Ziaiifar, A., Kashaninejad, M. (2018). Fractional conversion modeling of color changes in apple during simultaneous dry-blanching and dehydration process using intermittent infrared irradiation. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 14(2), 383-397. DOI:10.22067/ifstrj.v0i0.62293.
42. Safaei Borj, D., Sadat Noortajali, K., Jamshidi Moghadam, A., & Safaei Borj, M. (2014). The effect of ginger as a natural alternative in increasing the shelf life of cookies. The second national conference on production chain optimization, distribution and consumption in the food industry, Sari, Iran.
43. Saguy, I. S., and Pinthus, E. J. (1995). Oil uptake during deep-fat frying: factors and mechanism. *Food technology* (Chicago), 49(4), 142-145.
44. Sahraiyan, B. (2016). Production of sorghum malt powder using microwave and investigation of the possibility of replacing this substance with sucrose in gluten-free oil cake. Faculty of Agriculture. Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
45. Sahraiyan, B., Naghipour, F., Karimi, M. & Ghiafeh davoodi, M. (2013). Evaluation of Lepidium sativum seed and guar gum to improve dough rheology and quality parameters in composite rice-wheat bread. *Food Hydrocolloid*. 30: 698-703. DOI:10.1016/j.foodhyd.2012.08.013.
46. Sakhale, B. K., Badgujar, J. B., Pawar, V. D. and Sananse, S. L. (2011). Effect of hydrocolloids incorporation incasing of samosa on reduction of oil uptake. *Journal of Food Process Technology*, 3(2): 120-133. DOI:10.1007/s13197-011-0333-0 .
47. Saldivar, S. O., Flores, S. G. and Rios, R. V. (2014). Potential of triticale as substitute for wheat in flour production. *Cereal Chemistry*, 81: pp, 220-225. https://doi.org/10.1094/CCHEM.2004.81.2.220.
48. Salehi, F., gohari, A. A., Satorabi, M., & Souri, F. (2017). Effect of basil seed gum on batter and rice cake properties. *Journal of food science and technology*, 70 (14), 315-323.
49. Salvador, A., Sanaz, T. and Fiszman, S. M. (2008). Performance of methyl cellulose in coating batter for fried products. *Food hydrocolloids*, 22: 1062-1067. DOI:10.1016/j.foodhyd.2007.05.015.
50. Sciarini, L. S., Maldonado, F., Ribotta, P. D., Prez, G. T. and Leon, A. E. (2009). Chemical composition and functional properties of Gleditsia triacanthos gum. *Food Hydrocolloids*, 23: 306-313. DOI:10.1016/j.foodhyd.2008.02.011.
51. Sheikholeslami, Z., Karimi, M., Ghiyafeh, D. M., Sahraiyan, B., & Naghipour, F. (2018). The influence of chubak extraction and Basil seed gum on texture and appearance of strudel produced by frozen dough. *Journal of food science and technology*, 71 (14), 159-169.
52. Singh, N., Singh, R., Bhunia, A. and Stroshine, R. (2002). Efficacy of chorine dioxide, ozone and thyme essential oil or a sequential washing in killing Escherichia coli O157: H7 On lettuce and baby carrots. *LWT-Food Science and Technology*, 35(8); 720-729. https://doi.org/10.1006/fstl.2002.0933.
53. SirichoNworraNit, S., Intasen, P. and AngNawut, C. (2016). Quality of donut supplemented with Hom Nin rice flour. World Academy of Science, Engineering and Technology, International of Biological, Bio molecular, Agricultural, *Food and Biotechnological Engineering*, 10(7): 443-446. https:/doi.org/10.5281/zenodo.1125777.
54. Sun, D. (2008). Computer vision technology for food quality evaluation. Academic Press, New York, USA.
55. Tabatabaei-Yazdi, F., Falah, F., Behbahani, B. A., Vasiee, A., & Mortazavi, S. A. (2019). Identification of Chemical Compounds, Antioxidant Potential, Phenolic Content and Evaluation of Inhibitory and Bactericidal/Fungicidal Effects of Ginger Essential Oil on Some Pathogenic Microorganisms *in Vitro*. *Qom University of Medical Sciences Journal*, 13(3), 52-60. DOI: 10.29252/qums.13.3.50.
56. Zannini, E. and Elke, K. (2013). Arendt, Cereal grain for food and beverage industries: A Volumein woodhead publishing series, *Technology and Nutrition*, 17, Pp, 45-54.
57. Ziaiifar, A. M. and Sabbaghi, H. (2018). Frying process engineering, chapter 7: oil uptake reduction in frying process. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources Press.
58. Zolfaghari, Z., Mohebbi, M. and Haddad Khodaparast, M.H. (2013). Quality changes of donuts as influenced by leavening agent and hydrocolloid coating. *Journal of Food Process*. Pres. 37, 34-45. DOI:10.1111/j.1745-4549.2011.00611.x.